

# ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

---

Научная статья

УДК 616.721-002.77-089.168.1-06: 616.8-009.7-07: 616.153-074

DOI: 10.17816/pmj4115-12

## КОНЦЕНТРАЦИЯ НЕОПТЕРИНА СЫВОРОТКИ КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ СПОНДИЛОАРТРОЗА, ОСЛОЖНИВШЕГОСЯ РАЗВИТИЕМ ФАСЕТ-СИНДРОМА

*А.Ю. Пронин<sup>1,2</sup>, Ю.В. Каракулова<sup>1</sup>, Д.Ю. Соснин<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,

<sup>2</sup>Городская клиническая больница № 4, г. Пермь, Российская Федерация

## THE CONCENTRATION OF SERUM NEOPTERIN IN PATIENTS WITH SURGICAL TREATMENT OF SPONDYLOARTHRITIS COMPLICATED BY FACET SYNDROME

*A.Yu. Pronin<sup>1,2</sup>, Yu.V. Karakulova<sup>1</sup>, D.Yu. Sosnin<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>E.A. Vagner Perm State Medical University,

<sup>2</sup>City Clinical Hospital № 4, Perm, Russian Federation

---

**Цель.** Изучить концентрацию неоптерина сыворотки крови у пациентов до и после хирургического лечения болевого синдрома обусловленного формированием фасеточного синдрома на фоне спондилоартроза.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовали 52 человека (32 мужчины и 20 женщин), госпитализированных в нейрохирургическое отделение ГKB № 4. Из них 26 пациентов со спондилоартрозом,

---

© Пронин А.Ю., Каракулова Ю.В., Соснин Д.Ю., 2024

тел. +7 902 800 33 23

e-mail: sosnin\_dm@mail.ru

[Пронин А.Ю. – соискатель кафедры неврологии и медицинской генетики, врач отделения нейрохирургии, ORCID: 0009-0003-9555-8014; Каракулова Ю.В. – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой неврологии и медицинской генетики, ORCID: 0000-0002-7536-2060; Соснин Д.Ю. (\*контактное лицо) – доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской терапии № 2, профпатологии и клинической лабораторной диагностики, ORCID: 0000-0002-1232-8826].

© Pronin A.Yu., Karakulova Yu.V., Sosnin D.Yu., 2024

tel. +7 902 800 33 23

e-mail: sosnin\_dm@mail.ru

[Pronin A.Yu. – Candidate for a Degree of the Department of Neurology and Medical Genetics, Neurosurgeon, ORCID: 0009-0003-9555-8014; Karakulova Yu.V. – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Neurology and Medical Genetics, ORCID: 0000-0002-7536-2060; Sosnin D.Yu. (\*contact person) – MD, PhD, Professor of the Department of Faculty Therapy №2, Occupational Pathology and Clinical Laboratory Diagnostics, ORCID: 0000-0002-1232-8826].

осложнённым хронической болью, составили основную группу. Сравнительный анализ проводили с пациентами с болевым синдромом при радикулопатии ( $n = 26$ ). Контрольную группу, сопоставимую по возрастному и половому составу, составили 10 человек, проходившие периодический осмотр. Для определения концентрации неоптерина в сыворотке крови использовали метод твердофазного иммуноферментного анализа (ИФА) (набор Neopterin ELISA, кат. No. 59321; лот ENO230, «IBL», Германия).

**Результаты.** Между исследованными группами выявлены статистически значимые различия в уровне сывороточной концентрации неоптерина ( $p = 0,0016$ ). Наибольшая концентрация неоптерина отмечена в группе сравнения, где она составила  $10,31 \pm 2,02$  нмоль/л, превысив результаты контрольной группы ( $p = 0,02256$ ) и основной ( $p = 0,04996$ ). Через три месяца после хирургического лечения пациентов основной группы медиана содержания неоптерина сыворотки крови снизилась в 1,161 раза ( $p = 0,049029$ ).

**Выводы.** Необходимы дальнейшие исследования для уточнения влияния боли на процессы обмена веществ и, в частности, неоптерина.

**Ключевые слова.** Неоптерин, спондилоартроз, радикулопатия, боль.

**Objective.** To study the concentration of serum neopterin in patients before and after surgical treatment of pain syndrome caused by the formation of facet syndrome associated with spondyloarthritis.

**Materials and methods.** The study involved 52 patients (32 men and 20 women) hospitalized to the neurosurgical department of the City Clinical Hospital No. 4. The main group consisted of 26 patients with spondyloarthritis complicated by chronic pain associated with facet syndrome. The comparison group ( $n=26$ ) consisted of patients with pain syndrome in radiculopathy. The control group (comparable in gender and age) consisted of 10 people who underwent periodic examination. The concentration of neopterin in blood serum was determined by solid-phase enzyme immunoassay (ELISA) using the Neopterin ELISA kit (cat. No. 59321; lot ENO230) ("IBL", Germany).

**Results.** Statistically significant differences in the level of serum neopterin concentration ( $p = 0.0016$ ) were revealed between the studied groups. The highest concentration of neopterin was noted in the comparison group, where it was  $10.31 \pm 2.02$  nmol/l, exceeding the results of the control group ( $p=0.02256$ ) and the main group ( $p=0.04996$ ). Three months after surgical treatment of patients in the main group, the median content of serum neopterin decreased by 1.161 times ( $p = 0.049029$ ).

**Conclusion.** Further studies to clarify the influence of pain on metabolic processes and neopterin in particular are required.

**Keywords.** Neopterin, spondyloarthritis, radiculopathy, pain.

## ВВЕДЕНИЕ

Спондилоартроз представляет собой заболевание, проявляющееся дегенеративным поражением межпозвонковых суставов с вовлечением хрящей, костей, связочного аппарата и мышц. Достаточно специфичным симптомом данного заболевания является хронический болевой синдром, усиливающийся при движении, что сопровождается ограничением подвижности, нестойкой утренней скованностью [1; 2]. В ряде случаев причиной развития болевого синдрома при поражении поясничного отдела позвоночника является радикулопатия [3]. Болевой

синдром, связанный с поражением фасеточных суставов поясничного отдела позвоночника, известен меньше. Его развитие может быть связано с травмой [4; 5], а также с формированием выпота [6].

Формирование спондилоартроза связано со статодинамическими нагрузками, возрастными дегенеративно-дистрофическими процессами в костно-хрящевой ткани, а также с метаболическими нарушениями в организме человека. Описано изменение пула аминокислот плазмы крови при формировании тяжелого хронического болевого синдрома [7]. Определённый интерес представляет исследование сывороточной концентра-

ции не только азотистых соединений, относящихся к аминокислотам, но и к метаболитам обмена нуклеиновых кислот, в частности, производным пуринов и пиримидинов. Одним из метаболитов пуринового обмена, интенсивно изучаемым в последние десятилетия является неоптерин – производное птеринов, синтезирующийся клетками моноцитарно-макрофагального ряда под действием интерферонов [8; 9]. Основной причиной изменения концентрации неоптерина являются заболевания, протекающие с формированием цитотоксического иммунного ответа, особенно инфекционные заболевания, вызванные вирусами, аутоиммунные заболевания и опухолевые процессы [10–13].

Ранее нами была выполнена предварительная оценка концентрации неоптерина в сыворотке крови пациентов с болевым синдромом при спондилоартрозе поясничного отдела позвоночника до и после лечения [14]. Однако группа обследованных была достаточно гетерогенной и характеризовалась наличием разнообразных сопутствующих заболеваний. Представляется целесообразным исследование более однородной выборки с включением пациентов с болевым синдромом, развившимся на фоне спондилоартроза или при ущемлении корешков спинного мозга.

*Цель исследования* – проанализировать динамику изменения концентрации неоптерина сыворотки крови у пациентов до и после хирургического лечения хронического болевого синдрома, связанного с формированием фасеточного синдрома на фоне спондилоартроза.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Работа выполнена с соблюдением этических принципов медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов,

приведенных в Хельсинкской декларации Всемирной организации здравоохранения, по дизайну представляет собой обсервационное одномоментное исследование типа «случай – контроль».

В исследовании участвовали 52 обследованных (32 мужчины и 20 женщин) госпитализированных в нейрохирургическое отделение ГКБ № 4.

Основную группу составили 26 пациентов, госпитализированных по поводу спондилоартроза, осложнённого хронической болью на фоне фасет-синдрома. Учитывая, что эта группа обследованных подвергалась хирургическому лечению, определение сывороточной концентрации неоптерина выполняли дважды: до операции при госпитализации и через шесть месяцев после хирургического лечения. Лечение заключалось в выполнении высокочастотной денервации фасеточных суставов на уровне L4–S1 с обеих сторон.

#### **Критерии включения в исследование:**

- 1) наличие болевого синдрома;
- 2) верификация фасеточного синдрома (спондилоартроза) по данным МРТ;
- 3) исключение радикулопатии;
- 4) исключение таких сопутствующих заболеваний, как гипертоническая болезнь, сахарный диабет, в стадии декомпенсации;
- 5) нормальные результаты общего анализа крови и общего анализа мочи, а также биохимических исследований крови.

#### **Критерии исключения:**

- 1) онкологические заболевания;
- 2) вирусные и инфекционные заболевания в острой фазе или менее 4 недель после выздоровления;
- 3) аутоиммунные заболевания;
- 4) стадия декомпенсации сахарного диабета, гипертонической болезни, заболеваний печени и почек;
- 5) возраст менее 18 лет;
- 6) недееспособность;

7) беременность;  
8) отказ пациента от участия в исследовании.

Группу сравнения ( $n = 26$ ) составили пациенты с болевым синдромом при радикулопатии.

Контрольную группу составили 10 человек, проходившие периодический осмотр и не предъявлявшие на момент обследования никаких жалоб, а также имеющие нормальные результаты исследования общего анализа мочи, крови и биохимических показателей крови (глюкозы, общего холестерина). Группы были сопоставимы по соотношению полов и возрасту обследованных ( $p > 0,05$ ). Их сравнительная характеристика представлена в табл. 1.

Кровь пациентов забирали путем венепункции в вакуумные пробирки с активатором свертывания. После формирования сгустка пробы центрифугировали в течение 15 мин при 3000 об./мин с помощью центрифуги «Элекон ЦЛМН-Р-10-02». Оставшиеся после выполнения всех необходимых анализов образцы сыворотки крови отделяли и аликвотировали в микропробирки (Эппендорф – 0,7 мл) и хранили при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до выполнения дальнейших исследований.

Концентрацию неоптерина определяли методом твердофазного иммуоферментно-

го анализа (ИФА) с помощью тест-системы Neopterin ELISA (кат. No. 59321; лот ENO230) (IBL, Германия), чувствительность которой по данным производителя составляла не менее 0,7 нмоль/л. Оптическую плотность проб измеряли на вертикальном фотометре StatFax 3200 (Awareness, США). Правильность полученных данных контролировали по результатам измерения двух контрольных образцов, входивших в состав тест-систем. Содержание неоптерина в первом контрольном образце составило 5,48 нмоль/л при допустимом диапазоне результатов 3,5–8,1 нмоль/л, а во втором – 23,34 нмоль/л при допустимом диапазоне 13,6–28,2 нмоль/л.

Для статистической обработки результатов исследования использовали пакет программ Statistica v. 7 (StatSoft Inc., США). Для полученных в каждой группе данных результатов рассчитывали  $M$  – среднюю арифметическую и  $SD$  – стандартное отклонение при нормальном распределении признака, и  $Me$  – медиану и интерквартильный диапазон (25–75-й перцентили) при ненормальном распределении. Для оценки характера распределения результатов внутри выборки применяли критерий Шапиро – Уилка. Поэтому для дальнейших расчетов использовали методы непараметрической статистики (табл. 2). Так, для сравнения содержания

Таблица 1

### Характеристика групп обследованных

Характеристика пациентов	Основная группа	Группа сравнения	Контрольная группа
Количество обследованных	26	26	10
Соотношение полов (мужчины/женщины)	15/11	17/9	6/4
Возраст обследованных, лет	$39,35 \pm 6,56$ 38 (35; 44)	$39,69 \pm 10,9$ 36,5 (31; 47)	$35,1 \pm 5,59$ 35 (33; 37)
	27–53	20–68	25–46

Примечание: \* – в числителе показано среднее значение ( $M$ )  $\pm$  стандартное отклонение ( $SD$ ), в знаменателе – медиана ( $Me$ ) и интерквартильный диапазон (25 % квартиль; 75 % квартиль), под дробью наибольший и наименьший результаты.

Таблица 2

**Концентрация неоптерина (нмоль/л) в исследуемых группах**

Характеристика пациентов	Основная группа		Группа сравнения	Контрольная группа
	до операции	после операции		
Количество обследованных, абс.	26	26	26	10
Концентрация неоптерина, нмоль/л	$9,03 \pm 1,39$ 8,87 (7,93; 9,7)	$7,93 \pm 2,36$ 7,64 (6,47; 9,68)	$10,31 \pm 2,02$ 9,82 (8,71; 11,87)	$8,21 \pm 0,85$ 8,21 (7,36; 8,71)
W-критерий Шапиро – Уилка	0,88573 ( $p = 0,00762$ )	0,96754 ( $p = 0,56065$ )	0,88409 ( $p = 0,00703$ )	0,94675 ( $p = 0,63022$ )
H-критерий Краскела – Уоллиса	H-критерий = 12,86557; $p = 0,0016$ Медианный тест: ( $p_{1,3}$ ) = 0,338734; ( $p_{1,2}$ ) = 0,049955; ( $p_{2,3}$ ) = 0,02256			
Критерий Вилкоксона	$p = 0,049029$		-	-

Примечание: \* – в числителе показано среднее значение ( $M$ )  $\pm$  стандартное отклонение ( $SD$ ), в знаменателе – медиана ( $Me$ ) и интерквартильный диапазон (25 % квартиль; 75 % квартиль), под дробью наибольший и наименьший результаты.

неоптерина в связанных группах применяли критерий Вилкоксона, а для несвязанных между собой групп ( $n > 3$ ) использовали критерий Краскела – Уоллиса. Для последнего сравнения результатов между индивидуальными несвязанными между собой группами применяли медианный тест. Значение уровня статистической значимости, равное или меньше 0,05, принято за максимально допустимую вероятность ошибки первого рода ( $p$ ).

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Данные описательной статистики, характеризующие концентрацию неоптерина в исследованных группах, представлены в табл. 2.

Между исследованными группами выявлены статистически значимые различия в уровне сывороточной концентрации неоптерина (рис. 1).

До лечения при сравнении концентрации неоптерина между пациентами исследованных групп статистически значимое повышение ( $p < 0,05$ ) выявлено в группе срав-

нения у пациентов с радикулярным болевым синдромом. Медиана концентрации сывороточного неоптерина в группе сравнения в 1,088 раза превышала содержание неоптерина в основной группе ( $p = 0,049955$ ) и в 1,197 раза данные контрольной группы ( $p = 0,02256$ ) (см. табл. 2). Таким образом, обнаружены статистически значимые различия между группами.

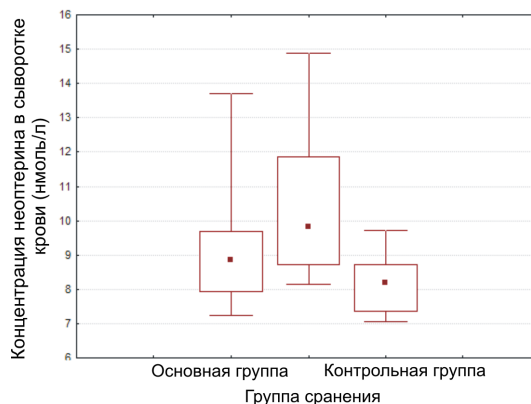


Рис. 1. Концентрация неоптерина (нмоль/л) в сыворотке крови в исследованных группах

После проведения хирургического лечения сывороточная концентрация неоптерина

у пациентов основной группы с фасет-синдромом статистически достоверно уменьшилась ( $p = 0,049029$  с использованием критерия Вилкоксона) и приблизилась к показателям контрольной группы ( $U$ -критерий Манна – Уитни 114,5;  $p = 0,589812$ ) (рис. 2).



Рис. 2. Концентрация неоптерина (нмоль/л) в сыворотке крови пациентов основной группы после оперативного лечения и контрольной группы

Боле высокая концентрация неоптерина в сыворотке крови у пациентов с болевым синдромом на фоне радикулопатии может быть объяснена наличием у пациента нейрогенного воспаления, что сопровождается большим выделением провоспалительных факторов, активирующих антиноцицептивную пуринаргическую систему, в сравнении с болевым синдромом, который формируется на фоне спондилоартроза поясничного отдела позвоночника с развитием фасет-синдрома [15; 16]. Этот механизм, по нашему мнению, может вести к увеличению сывороточной концентрации неоптерина [17; 18]. Прогностическая ценность исследования неоптерина в послеоперационном периоде показана в работах авторов при прогнозировании постхолестерэктомического синдрома<sup>1</sup>, а также и при других заболеваниях [19].

<sup>1</sup> Бойко О.В., Кондрашова Ю.В., А.В. Журихин А.В., Бойко В.И. Патент RU № 2498303.

Полученные данные слабо согласуются с предварительными результатами обследования пациентов, перенесших высокочастотную денервацию фасеточных суставов [14]. Однако при более строгом отборе групп и увеличении срока наблюдения до трех месяцев нами обнаружено статистически значимое снижение концентрации неоптерина в сыворотке крови.

Увеличение сывороточной концентрации неоптерина при заболеваниях может играть роль в соматизации симптомов заболеваний внутренних органов [20]. В целом необходимо выполнение дальнейших исследований для выяснения роли и патогенеза воздействия боли на метаболизм тканей и органов.

## ВЫВОДЫ

1. Исходная концентрация неоптерина при спондилоартрозах с формированием острого болевого синдрома (фасет-синдрома) статистически достоверно не отличается от результатов обследования контрольной группы ( $p = 0,338734$ ).

2. Эффективное лечение болевого синдрома, обусловленного компрессией нервов в зоне фасеточных суставов при спондилоартрозе, сопровождается статистически достоверным снижением не только болевых ощущений, но и сывороточной концентрации неоптерина ( $p = 0,049029$ ).

3. Необходимы дальнейшие исследования для уточнения влияния боли на процессы обмена веществ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Колотов Е.Б., Луцки А.А. Сочетание дискогенных болей и рефлекторных синдромов спондилоартроза (диагностика и лечение). Неврологический журнал 2009; 14 (3): 26–28. / Kolotov E.B., Lutsik A.A. Combination

of discogenic pains and reflex syndromes of spondyloarthritis (diagnosis and treatment). *Neurological Journal* 2009; 14: 3: 26–28 (in Russian).

2. *Reed M.L., Golish S.R., Schofferman J.* Interdisciplinary care for lumbar Spine disorders. *Orthopaedic Knowledge Update: Spine* 2018; 5: 127–150.

3. *Садоха К.А., Головки А.М.* Пояснично-крестцовая компрессионная радикулопатия. *Медицинские новости* 2020; 1 (304): 9–15. / *Sadoba K.A., Golovko A.M.* Lumbar-sacral compression radiculopathy. *Medicinskie novosti* 2020; 1 (304): 9–15 (in Russian).

4. *Ra I.H., Min W.K.* Traumatic bilateral facet dislocation of lumbar spine: "double facet sign". *Spine J.* 2013; 13 (11): 1705–1707. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.07.477

5. *Ridley W.E., Xiang H., Han J., Ridley L.J.* Shark's fin sign: Unilateral facet joint dislocation. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2018; 62: 1: 156. DOI: 10.1111/1754-9485.29\_12786

6. *Laborie F., Béal C., Sigaux J.* Lumbar facet joint effusion. *Joint Bone Spine.* 2023; 90 (3): 105516. DOI: 10.1016/j.jbspin.2022.105516

7. *Alexander G.M., Reichenberger E., Peterlin B.L., Perreault M.J., Grothusen J.R., Schwartzman R.J.* Plasma amino acids changes in complex regional pain syndrome. *Pain Res Treat.* 2013; 2013: 742407. DOI: 10.1155/2013/742407

8. *Hamerlinck F.F.* Neopterin: a review. *Exp Dermatol.* 1999; 8 (3): 167–176. DOI: 10.1111/j.1600-0625.1999.tb00367.x

9. *Свиридов Е.А., Телегина Т.А.* Неоптерин и его восстановленные формы: биологическая роль и участие в клеточном иммунитете. *Успехи биологической химии* 2005; 45: 355–390. / *Sviridov E.A., Telegina T.A.* Neopterin and its restored forms: biological role and participation in cellular immunity. *Advances in biological chemistry* 2005; 45: 355–390 (in Russian).

10. *Murr C., Widner B., Wirleitner B., Fuchs D.* Neopterin as a Marker for Immune System Acti-

vation. *Current Drug Metabolism* 2002; 3: 175–187. DOI: 10.2174/1389200024605082

11. *Каракулова Ю.В., Сексыев Н.Е., Соснин Д.Ю.* Концентрация неоптерина в ликворе у ВИЧ-инфицированных пациентов с поражением центральной нервной системы. *Лабораторная служба* 2021; 10 (3): 21–27. DOI: 10.17116/labs20211003121 / *Karakulova Yu.V., Seksyayev N.E., Sosnin D.Yu.* The concentration of neopterin in the cerebrospinal fluid in HIV-infected patients with central nervous system damage. *Laboratory service* 2021; 10 (3): 21–27. DOI: 10.17116/labs20211003121 (in Russian)

12. *Berdowska A., Zwirska-Korczala K.* Neopterin measurement in clinical diagnosis. *J Clin Pharm Ther.* 2001; 26 (5): 319–329. DOI: 10.1046/j.1365-2710.2001.00358.x

13. *Huang K., Du G., Wei C., Gu S., Tang J.* Elevated serum lactoferrin and neopterin are associated with postoperative infectious complications in patients with acute traumatic spinal cord injury. *Arch Med Sci.* 2013; 9 (5): 865–871. DOI: 10.5114/aoms.2013.38680

14. *Пронин А.Ю., Каракулова Ю.В.* Динамика показателей неоптерина и NSE в сыворотке крови пациентов с болевым синдромом при спондилоартрозе поясничного отдела позвоночника до и после проведения высокочастотной денервации фасеточных суставов. *Неврологические чтения в Перми: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию кафедры неврологии и медицинской генетики им. В.П. Первушина, Пермь, 21–23 октября 2021 года.* Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет 2021; 148–150. / *Pronin A.Yu., Karakulova Yu.V.* Dynamics of indicators of neopterin and NSE in the blood serum of patients with pain syndrome with lumbar spine spondyloarthritis before and after high-frequency denervation of facet joints. *Neurological readings in Perm: Materials of the interregional scientific and practical conference with international par-*

icipation dedicated to the 100th anniversary of the Department of Neurology and Medical Genetics named after V.P. Pervushin, Perm, October 21–23, 2021. Perm: Perm National Research Polytechnic University 2021; 148–150 (in Russian).

15. Mishra A., Agrawal D., Singh P.K. Delayed presentation of post-traumatic bilateral cervical facet dislocation: a series of 4 cases. *Neurol India*. 2014; 62 (5): 540–2. DOI: 10.4103/0028-3886.144454

16. Jain M., Khuntia S., Rao B.P. Neglected Bilateral Facet Dislocation of the Cervical Spine with Intact Neurology: Reduction Technique. *Asian J Neurosurg*. 2020; 15 (3): 773–776. DOI: 10.4103/ajns.AJNS\_27\_20

17. Погорелова Е.И., Буданова М.В., Панина О.А. Неоптерин как прогностический фактор течения острых респираторных инфекций. Современные достижения химико-биологических наук в профилактической и клинической медицине: сборник научных трудов всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 3 декабря 2020 года. Под ред. А.В. Силина, Л.Б. Гайковой. Ч. 1. Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова 2020; 310–314. / Pogorelova E.I., Budanova M.V., Panina O.A. Neopterin as a prognostic factor of the course of acute respiratory infections. Modern achievements of chemical and biological sciences in preventive and clinical medicine: Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, St. Petersburg, December 03, 2020. Edited by A.V. Silin, L.B. Gaikova. Part 1. St. Petersburg: I.I. Mechnikov

Northwestern State Medical University 2020; 310–314 (in Russian).

18. Gieseg S.P., Baxter-Parker G., Lindsay A. Neopterin, Inflammation, and Oxidative Stress: What Could We Be Missing? *Antioxidants* (Basel) 2018; 7 (7): 80. DOI: 10.3390/antiox7070080

19. Avanzas P., Arroyo-Espliguero R., Cosin-Sales J., Quiles J., Zouridakis E., Kaski J.C. Prognostic value of neopterin levels in treated patients with hypertension and chest pain but without obstructive coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2004; 1; 93 (5): 627–9. DOI: 10.1016/j.amjcard.2003.11.035

20. Euteneuer F., Schwarz M.J., Hennings A., Riemer S., Stapf T., Selberdinger V., Rief W. Psychobiological aspects of somatization syndromes: contributions of inflammatory cytokines and neopterin. *Psychiatry Res*. 2012; 30 (195): 1–2; 60–65. DOI: 10.1016/j.psychres.2011.07.032

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

**Вклад авторов:**

Пронин А.Ю. – сбор данных о пациентах, набор материала, написание текста, статистическая обработка данных (50 %).

Каракулова Ю.В. – идея подготовки статьи, план исследования, редактирование и утверждение окончательного текста статьи (35 %).

Соснин Д.Ю. – выполнение лабораторных исследований (15 %).

Поступила: 30.07.2023

Одобрена: 20.12.2023

Принята к публикации: 15.01.2024

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Пронин, А.Ю. Концентрация неоптерина сыворотки крови у пациентов при хирургическом лечении спондилоартроза, осложнившегося развитием фасет-синдрома / А.Ю. Пронин, Ю.В. Каракулова, Д.Ю. Соснин // Пермский медицинский журнал. – 2024. – Т. 41, № 1. – С. 5–12. DOI: 10.17816/pmj4115-12

Please cite this article in English as: Pronin A.Yu., Karakulova Yu.V., Sosnin D.Yu. The concentration of serum neopterin in patients with surgical treatment of spondyloarthrosis complicated by facet syndrome. *Perm Medical Journal*, 2023, vol. 41, no. 1, pp. 5-12. DOI: 10.17816/pmj4115-12