

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-79-87>



Динамика структурных и микроциркуляторных изменений сетчатки и зрительного нерва у пациентов с рассеянным склерозом

А.Ж. Фурсова^{1,2✉}, М.Ю. Зубкова^{1,2}, М.А. Васильева^{1,2}, Д.С. Коробко³

¹ ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», ул. Немировича-Данченко, д. 130, Новосибирск, 630087, Россия

² ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Красный проспект, д. 52, Новосибирск, 630091, Россия

³ Областной центр рассеянного склероза и других аутоиммунных заболеваний нервной системы ГБУЗ НО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», ул. Немировича-Данченко, д. 128, Новосибирск, 630087, Россия

Цель работы — оценить динамику структурных и микроциркуляторных изменений сетчатки и диска зрительного нерва у пациентов с рассеянным склерозом (РС) при различных типах течения заболевания в течение 12 мес наблюдения и определить их связь с клинико-неврологическими характеристиками. **Материал и методы.** Обследованы 33 пациента (66 глаз) с РС: 1-я группа — 13 пациентов (26 глаз) с ремиттирующим РС (РРС), 2-я группа — 9 пациентов (18 глаз) с прогрессированием заболевания в течение периода наблюдения (РРС→ВПРС), 3-я группа — 11 пациентов (22 глаза) с вторично-прогрессирующим РС (ВПРС). Всем пациентам выполняли оптическую когерентную томографию (ОКТ) и ОКТ-ангиографию в двух временных точках с интервалом 12 ± 2 мес. Оценивали среднюю толщину комплекса ганглиозных клеток сетчатки (сrGCL) + внутреннего плексиформного слоя (IPL), а также перипапиллярную толщину слоя нервных волокон сетчатки (сrRNFL), их секторные показатели и сосудистую плотность диска зрительного нерва (VD ONH). **Результаты.** Во всех группах выявлено снижение сrGCL + IPL, при этом характер секторных изменений зависел от типа течения заболевания. Значимое снижение сrRNFL зарегистрировано только во 2-й группе. Во всех группах отмечалась тенденция к снижению VD ONH, однако статистически значимое уменьшение показателя выявлено только у пациентов с ВПРС. Наиболее выраженные корреляционные связи определялись между VD ONH и показателями GCL + IPL, тогда как связи клинических показателей расширенной шкалы статуса инвалидизации (EDSS) и теста символично-цифровой модальности (SDMT) с офтальмологическими параметрами оказались менее устойчивыми. **Заключение.** Наиболее последовательные изменения у пациентов с РС в течение одного года выявляются в параметрах GCL + IPL. Показатель VD ONH может рассматриваться как дополнительный маркер прогрессирования заболевания при комплексной интерпретации со структурными показателями.

Ключевые слова: рассеянный склероз; оптическая когерентная томография; ОКТ-ангиография; сосудистая плотность диска зрительного нерва

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Фурсова А.Ж., Зубкова М.Ю., Васильева М.А., Коробко Д.С. Динамика структурных и микроциркуляторных изменений сетчатки и зрительного нерва у пациентов с рассеянным склерозом. Российский офтальмологический журнал. 2026; 19 (3): 79-87. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-79-87>

Dynamics of structural and microcirculatory changes in the retina and optic nerve in patients with multiple sclerosis

Anzhella Zh. Fursova^{1,2✉}, Margarita Y. Zubkova^{1,2}, Maria A. Vasil'eva^{1,2}, Denis S. Korobko³

¹ Novosibirsk State Regional Hospital, 130, Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk, 630087, Russia

² Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russia

³ Regional Center for Multiple Sclerosis and Other Autoimmune Diseases of the Nervous System

"Novosibirsk Regional Clinical Hospital", 128, Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk, 630087, Russia

anzhellafursova@yandex.ru

Purpose of the study: to assess the one-year dynamics of structural and microcirculatory changes in the retina and optic nerve head in patients with multiple sclerosis (MS) depending on the disease course and to determine their relationship with clinical and neurological characteristics. **Materials and methods.** The study included 33 patients (66 eyes) with MS: group 1 — 13 patients (26 eyes) with relapsing-remitting multiple sclerosis (RRMS), group 2 — 9 patients (18 eyes) with disease progression during the follow-up period, group 3 — 11 patients (22 eyes) with secondary progressive multiple sclerosis (SPMS). All patients underwent OCT and OCT angiography at two time points with an interval of 12 ± 2 months. The following parameters were assessed: average ganglion cells layer + inner plexiform layer thickness (avGCL + IPL), average retinal nerve fiber layer thickness (avRNFL), their sectoral values, and vascular density of the optic nerve head (VD ONH). **Results.** A decrease in avGCL + IPL was detected in all groups, while the pattern of sectoral changes depended on the type of disease course. A significant decrease in avRNFL was found only in the RRMS→SPMS group. A tendency toward a decrease in VD ONH was observed in all groups; however, a statistically significant reduction was detected only in patients with SPMS. The most pronounced correlations were found between VD ONH and GCL + IPL parameters, whereas the relationships of EDSS and SDMT with ophthalmic parameters were less consistent. **Conclusions.** The most consistent changes in patients with MS over 1 year were detected in GCL + IPL parameters. VD ONH may be considered as an additional marker of disease progression when interpreted together with structural parameters.

Keywords: multiple sclerosis; optical coherence tomography; OCT angiography; optic nerve head vascular density

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Fursova A. Zh., Zubkova M. Y., Vasil'eva M. A., Korobko D. S. Dynamics of structural and microcirculatory changes in the retina and optic nerve in patients with multiple sclerosis. Russian ophthalmological journal. 2026; 19 (3): 79-87 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-79-87>

Рассеянный склероз (РС) — иммуноопосредованное воспалительное демиелинизирующее и нейродегенеративное заболевание центральной нервной системы, которым страдают около 2,9 млн человек во всем мире [1]. Заболевание преимущественно поражает лиц молодого трудоспособного возраста, снижает качество жизни и при поздней диагностике и несвоевременной коррекции лечения ассоциировано с нарастающей инвалидизацией [2]. Несмотря на значительные достижения в области патогенетической терапии, актуальными остаются задачи раннего выявления заболевания, своевременной оценки его прогрессирования и подбора оптимальной тактики ведения пациентов [3].

Ключевую роль в диагностике РС продолжают играть критерии МакДональда, основанные на клинических данных и результатах параклинических методов исследования (магнитно-резонансной томографии и анализа цереброспинальной жидкости) [4]. Вместе с тем сохраняется потребность в поиске объективных неинвазивных биомаркеров, позволяющих выявлять ранние признаки нейродегенерации, прогрессирования заболевания и определять эффективность терапии при динамическом наблюдении [5].

С учетом частого вовлечения зрительного анализатора при РС поиск офтальмологических биомаркеров дебюта и прогрессирования заболевания представляется особен-

но актуальным [5]. Современные методы визуализации, прежде всего оптическая когерентная томография (ОКТ) и ОКТ-ангиография (ОКТА), позволяют быстро и неинвазивно оценивать не только структурное состояние ретинальных нейроаксональных слоев, но и микроциркуляцию диска зрительного нерва (ДЗН), что определяет новые перспективные методики мониторинга нейродегенеративных изменений [6].

Рядом исследований накоплены данные о снижении толщины слоя нервных волокон (RNFL), комплекса ганглиозных клеток сетчатки (GCL) и наличии микроциркуляторных изменений в области ДЗН у пациентов с РС [6, 7]. Однако динамика морфометрических и микроциркуляторных показателей при разных типах течения РС, а также взаимосвязь между этими изменениями остаются недостаточно изученными. Такая информация позволила бы уточнить степень нейроаксональной утраты и определить значение нарушений микроциркуляции как дополнительного биомаркера прогрессирования РС.

ЦЕЛЬ работы — оценить динамику структурных и микроциркуляторных изменений сетчатки и ДЗН у пациентов с РС при различных типах течения заболевания и определить наличие взаимосвязи с динамикой клинико-неврологических характеристик в течение 12 мес наблюдения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на базе офтальмологического отделения и Областного центра рассеянного склероза «ГНОКБ» и носило одноцентровой проспективный продольный наблюдательный характер. Обследованы 33 пациента (66 глаз) с установленным диагнозом РС. Период наблюдения составил 12 мес. На момент включения в исследование все пациенты получали терапию препаратами, изменяющими течение рассеянного склероза (ПИТРС). Клинико-демографические характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Неврологический статус пациентов оценивали с использованием расширенной шкалы статуса инвалидизации — Expanded Disability Status Scale (EDSS). Для оценки когнитивных функций применяли тест символьно-цифровой модальности — Symbol Digit Modalities Test, (SDMT).

Критерии включения были следующими: диагноз РС, подтвержденный по критериям McDonald; возраст старше 18 лет; наличие ОКТ- и ОКТА-исследования перипапиллярной и макулярной зон с анализом толщины перипапиллярного RNFL, макулярного комплекса GCL и сосудистой плотности (VD) ДЗН в двух временных точках с интервалом 12 ± 2 мес; длительность непрерывной терапии ПИТРС не менее года.

Критерии исключения: наличие оптического неврита в анамнезе; любые офтальмологические заболевания, способные повлиять на состояние сетчатки или зрительного нерва, включая глаукому, диабетическую ретинопатию, возрастную макулярную дегенерацию, частичную атрофию зрительного нерва и другие; некорректные или низкокачественные ОКТ-сканы; наличие сопутствующих нейродегенеративных заболеваний, не связанных с РС.

В зависимости от типа течения РС пациенты были распределены на три группы. В 1-ю группу вошли 13 пациентов (26 глаз) с ремиттирующим РС (РРС), во 2-ю группу — 9 пациентов (18 глаз) с зарегистрированным прогрессированием заболевания и переходом из РРС во вторично-прогрессирующее течение (ВПРС) в течение периода наблюдения. В 3-ю группу включены 11 пациентов (22 глаза) с ВПРС.

Всем пациентам выполняли ОКТ и ОКТ-ангиографию в двух временных точках с интервалом 12 ± 2 мес с использованием томографа Cirrus 5000 Angioplex (Carl Zeiss Meditec, США). Применяли протоколы Macula Cube 512×128 , Optic Disc Cube 200×200 и ONH Angiography 4.5×4.5 mm. По протоколу Macula Cube 512×128 оценивали среднюю толщину комплекса GCL и внутреннего плексиформного слоя (IPL) — GCL + IPL: общее значение и по секторам. По протоколу Optic Disc Cube 200×200 определяли среднюю перипапиллярную толщину RNFL: общее значение и по секторам. Расчет указанных параметров выполнялся автоматически с использованием программного обеспечения прибора.

По протоколу ONH Angiography 4.5×4.5 mm исследовали микроциркуляцию ДЗН (ONH). Количественную оценку сосудистой плотности диска зрительного нерва (VD ONH) выполняли на en face изображениях (с использованием целого сигнала ОКТА, созданного из всех сигналов ОКТА ниже внутренней пограничной мембраны) в программе ImageJ. Границу ДЗН определяли вручную как внутренний край перипапиллярного склерального кольца и переносили на соответствующее en face-изображение. Для анализа использовали височную половину ДЗН; назальную половину и крупные сосуды из анализа исключали. После выделения области интереса изображение переводили в 8-bit-формат, проводили бинаризацию и рассчитывали показатель Area Fraction (%), отражающий процент площади сосудистого сигнала в пределах интересующей области (рис. 1). Полученное значение использовали в качестве показателя VD ONH.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета Microsoft Office Excel 2007. Количественные данные представлены в виде среднего арифметического значения (M) и стандартного отклонения (SD). Для сравнения количественных показателей между тремя независимыми группами применяли критерий Краскела — Уоллиса, для качественных признаков — критерий χ^2 Пирсона. Для оценки динамики показателей в пределах одной группы использовали критерий Уилкоксона для связанных выборок. Корреляционные связи между структурными, микроциркуляторными и клинико-неврологическими показателями оценивали

Таблица 1. Клинико-демографические характеристики пациентов с рассеянным склерозом (РС) в исследуемых группах, M $\pm$ SD
Table 1. Baseline clinical and demographic characteristics of study patients with multiple sclerosis (MS), M $\pm$ SD

Показатель Indicator	Группа Group			p
	1 n = 13	2 n = 9	3 n = 11	
Возраст, лет Age, years	41,9 $\pm$ 7,5	46,3 $\pm$ 6,4	56,6 $\pm$ 6,6	< 0,001
Пол, ж/м Sex, female/male	8 / 5	7 / 2	8 / 3	0,692
Длительность РС, лет, MS duration, years	13,7 $\pm$ 2,8	18,7 $\pm$ 7,7	21,6 $\pm$ 10,0	0,051
EDSS на момент включения EDSS at baseline	1,92 $\pm$ 0,76	3,72 $\pm$ 0,91	4,64 $\pm$ 1,27	< 0,001
EDSS через 12 мес EDSS after 12 months	2,08 $\pm$ 0,84	3,61 $\pm$ 1,02	4,59 $\pm$ 1,38	< 0,001
SDMT, число правильных ответов исходно SDMT, number of correct answers, baseline	54,6 $\pm$ 13,9	56,0 $\pm$ 19,2	40,8 $\pm$ 10,9	0,056
SDMT, число правильных ответов через 12 мес SDMT number of correct answers after 12 months	56,7 $\pm$ 15,5	53,8 $\pm$ 15,5	42,4 $\pm$ 13,6	0,114
Период наблюдения, мес Follow-up interval, months	13,25 $\pm$ 1,14	12,54 $\pm$ 0,96	12,70 $\pm$ 0,72	0,350

Примечание. EDSS — расширенная шкала статуса инвалидизации, SDMT — тест символьно-цифровой модальности; p — достоверность различия между тремя группами, n — количество глаз.

Note. EDSS — Expanded Disability Status Scale, SDMT — Symbol Digit Modalities Test, p — level of statistical significance of the difference between the three groups, n — number of eyes.

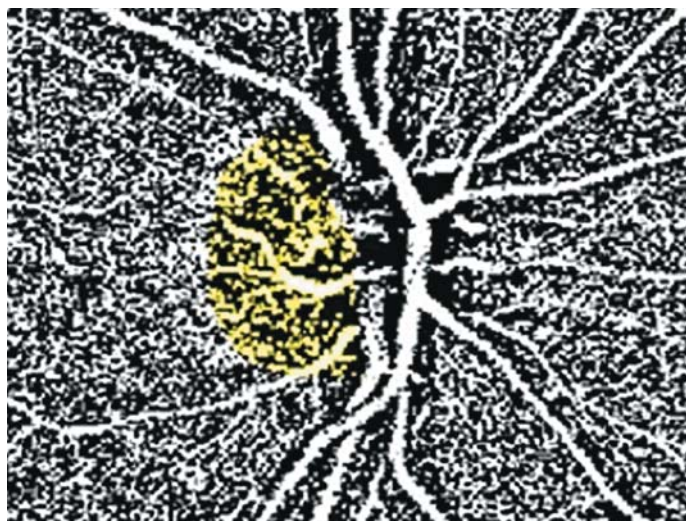


Рис. 1. Изображение оцениваемого ДЗН в бинарном формате
Fig. 1. Image of the assessed optic nerve head in binary format

с помощью коэффициента корреляции Пирсона (r). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации, при одобрении локального этического комитета. Все пациенты до включения в исследование подписали добровольное информированное письменное согласие на участие в исследовании.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В связи с неполным наличием валидных ОКТ- и ОКТА-данных во всех временных точках в отдельные виды анализа включали только глаза с полным набором соответствующих показателей. В связи с этим число глаз в отдельных таблицах различается.

Анализ структурных изменений ДЗН и сетчатки. Динамика показателей GCL + IPL и RNFL в исследуемых группах представлена в таблицах 2–4. В анализ структурных показателей были включены 56 глаз с полными данными ОКТ в обеих временных точках наблюдения.

В 1-й группе у пациентов с РРС за период наблюдения отмечено снижение средней толщины GCL (срGCL): срGCL + IPL с $71,44 \pm 10,37$ до $68,92 \pm 13,93$ мкм ($\Delta = 2,52$ мкм; $p = 0,001$). Исходно минимальные значения GCL + IPL определялись в нижненокосовом секторе, тогда как через 12 мес наименьшая толщина зарегистрирована одновременно в нижнем и нижненокосовом секторах. Наибольшее снижение GCL + IPL за год отмечено в нижнем секторе ($\Delta = 3,08$ мкм; $p = 0,006$).

Средняя толщина RNFL (срRNFL) в 1-й группе существенно не изменилась и составила $82,64 \pm 11,57$ мкм исходно и $81,96 \pm 11,91$ мкм через 12 мес ($p = 0,539$). В височном секторе исходно зарегистрировано минимальное значение с наибольшим его снижением через год наблюдения ($\Delta = 1,48$ мкм), но при отсутствии статистической значимости ($p = 0,080$).

Во 2-й группе, у пациентов с прогрессированием заболевания в течение года, показатель срGCL + IPL снизился с $73,60 \pm 11,07$ до $72,33 \pm 10,98$ мкм ($\Delta = 1,27$ мкм; $p = 0,002$). Как исходно, так и через 12 мес минимальная толщина GCL + IPL определялась в нижненокосовом секторе ($71,60 \pm 10,55$ и $70,40 \pm 10,95$ мкм соответственно). Наибольшее снижение за год отмечено в нижнем секторе ($\Delta = 2,93$ мкм; $p = 0,002$).

СрRNFL во 2-й группе снизилась с $88,67 \pm 16,05$ до $86,47 \pm 15,33$ мкм ($\Delta = 2,20$ мкм; $p = 0,009$). Минимальная толщина RNFL как исходно, так и через 12 мес определялась в височном секторе. Максимальное уменьшение показателя отмечено в верхнем секторе ($\Delta = 3,53$ мкм), однако статистической значимости оно не достигло ($p = 0,106$), в отличие от носового ($\Delta = 2,27$ мкм; $p = 0,011$) и височного ($\Delta = 2,33$ мкм; $p = 0,014$) секторов.

Таблица 2. Динамика показателей GCL + IPL и RNFL в 1-й группе, $n = 25$ глаз
Table 2. Dynamics of GCL + IPL and RNFL indices in group 1, $n = 25$ eyes

Показатель Indicator	1-й визит Visit 1 M $\pm$ SD	2-й визит Visit 2 M $\pm$ SD	Δ , мкм Δ , μm	p
Средний GCL + IPL, мкм Average GCL + IPL thickness, μm	$71,44 \pm 10,37$	$68,92 \pm 13,93$	2,52	0,001
GCL + IPL верхний, мкм Superior GCL + IPL, μm	$72,60 \pm 10,44$	$69,80 \pm 14,82$	2,80	0,038
GCL + IPL верхненокосовой, мкм Superonasal GCL + IPL, μm	$70,76 \pm 12,89$	$68,12 \pm 15,66$	2,64	< 0,001
GCL + IPL нижненокосовой, мкм Inferonasal GCL + IPL, μm	$69,44 \pm 11,85$	$67,08 \pm 15,00$	2,36	0,003
GCL + IPL нижний, мкм Inferior GCL + IPL, μm	$70,16 \pm 9,99$	$67,08 \pm 14,23$	3,08	0,006
GCL + IPL нижневисочный, мкм Inferotemporal GCL + IPL, μm	$72,88 \pm 9,13$	$70,32 \pm 13,66$	2,56	0,005
GCL + IPL верхневисочный, мкм Superotemporal GCL + IPL, μm	$72,76 \pm 9,15$	$70,64 \pm 12,64$	2,12	0,004
Средний RNFL, мкм Average RNFL thickness, μm	$82,64 \pm 11,57$	$81,96 \pm 11,91$	0,68	0,539
RNFL верхний, мкм Superior RNFL, μm	$102,80 \pm 16,10$	$100,76 \pm 17,05$	2,04	0,161
RNFL носовой, мкм Nasal RNFL, μm	$62,88 \pm 13,32$	$63,04 \pm 11,37$	–0,16	0,782
RNFL нижний, мкм Inferior RNFL, μm	$105,96 \pm 17,04$	$106,48 \pm 17,05$	–0,52	0,684
RNFL височный, мкм Temporal RNFL, μm	$59,36 \pm 14,02$	$57,88 \pm 14,27$	1,48	0,080

Таблица 3. Динамика показателей GCL + IPL и RNFL во 2-й группе, n = 15 глаз
Table 3. Dynamics of GCL + IPL and RNFL indices in the 2nd group, n = 15 eyes

Показатель Indicator	1-й визит Visit 1 M ± SD	2-й визит Visit 2 M ± SD	Δ, мкм Δ, μm	p
Средний GCL + IPL, мкм Average GCL + IPL thickness, μm	73,60 ± 11,07	72,33 ± 10,98	1,27	0,002
GCL + IPL верхний, мкм Superior GCL + IPL, μm	73,73 ± 11,04	72,53 ± 11,22	1,20	0,026
GCL + IPL верхненосовой, мкм Superonasal GCL + IPL, μm	72,93 ± 10,96	71,87 ± 11,56	1,07	0,035
GCL + IPL нижненосовой, мкм Inferonasal GCL + IPL, μm	71,60 ± 10,55	70,40 ± 10,95	1,20	0,009
GCL + IPL нижний, мкм Inferior GCL + IPL, μm	73,53 ± 12,23	70,60 ± 10,86	2,93	0,002
GCL + IPL нижневисочный, мкм Inferotemporal GCL + IPL, μm	75,67 ± 13,33	75,40 ± 14,19	0,27	0,409
GCL + IPL верхневисочный, мкм Superotemporal GCL + IPL, μm	73,47 ± 10,48	72,80 ± 10,24	0,67	0,102
Средний RNFL, мкм Average RNFL thickness, μm	88,67 ± 16,05	86,47 ± 15,33	2,20	0,009
RNFL верхний, мкм Superior RNFL, μm	107,40 ± 21,73	103,87 ± 19,27	3,53	0,106
RNFL носовой, мкм Nasal RNFL, μm	70,67 ± 12,96	68,40 ± 11,13	2,27	0,011
RNFL нижний, мкм Inferior RNFL, μm	113,00 ± 24,79	111,13 ± 24,84	1,87	0,082
RNFL височный, мкм Temporal RNFL, μm	65,07 ± 15,13	62,73 ± 16,06	2,33	0,014

Таблица 4. Динамика показателей GCL + IPL и RNFL в 3-й группе, n = 16 глаз
Table 4. Dynamics of GCL + IPL and RNFL indices in group 3, n = 16 eyes

Показатель Indicator	1-й визит Visit 1 M ± SD	2-й визит Visit 2 M ± SD	Δ, мкм Δ, μm	p
Средний GCL + IPL, мкм Average GCL + IPL thickness, μm	70,19 ± 8,67	67,94 ± 9,12	2,25	0,012
GCL + IPL верхний, мкм Superior GCL + IPL, μm	70,06 ± 12,88	66,19 ± 15,03	3,88	0,014
GCL + IPL верхненосовой, мкм Superonasal GCL + IPL, μm	69,38 ± 10,48	63,62 ± 13,64	5,75	0,015
GCL + IPL нижненосовой, мкм Inferonasal GCL + IPL, μm	67,50 ± 11,33	65,88 ± 11,69	1,62	0,013
GCL + IPL нижний, мкм Inferior GCL + IPL, μm	67,06 ± 12,99	65,56 ± 13,55	1,50	0,016
GCL + IPL нижневисочный, мкм Inferotemporal GCL + IPL, μm	74,75 ± 6,84	73,69 ± 7,78	1,06	0,122
GCL + IPL верхневисочный, мкм Superotemporal GCL + IPL, μm	73,25 ± 7,51	72,56 ± 8,16	0,69	0,180
Средний RNFL, мкм Average RNFL thickness, μm	82,56 ± 13,28	81,06 ± 12,87	1,50	0,139
RNFL верхний, мкм Superior RNFL, μm	101,75 ± 20,33	99,25 ± 20,58	2,50	0,020
RNFL носовой, мкм Nasal RNFL, μm	68,38 ± 15,50	70,75 ± 14,36	-2,38	0,450
RNFL нижний, мкм Inferior RNFL, μm	100,19 ± 19,37	98,62 ± 17,75	1,56	0,241
RNFL височный, мкм Temporal RNFL, μm	58,00 ± 13,35	56,06 ± 11,70	1,94	0,072

СрGCL + IPL снизилась с 70,19 ± 8,67 до 67,94 ± 9,12 мкм (Δ = 2,25 мкм; p = 0,012). В 3-й группе у пациентов с ВПРС исходно минимальные значения GCL + IPL определялись в нижнем и нижненосовом секторах, но через 12 мес минимальная толщина определялась в верхненосовом секторе, где зарегистрировано наибольшее снижение этого показателя (Δ = 5,75 мкм; p = 0,015).

Значение срRNFL в 3-й группе снизилось с 82,56 ± 13,28 до 81,06 ± 12,87 мкм, но без статистически значимых различий (p = 0,139). Минимальная толщина RNFL при первом и последующих осмотрах определялась в височном секторе. При анализе значения показателя по секторам статистически значимое снижение выявлено только в верхнем секторе RNFL (Δ = 2,50 мкм; p = 0,020).

Таблица 5. Динамика VD ONH в группах исследования
Table 5. Dynamics of VD ONH in study groups

Группа Group	1-й визит, VD ONH, % Visit 1, VD ONH, % M ± SD	2-й визит, VD ONH, % Visit 2, VD ONH, % M ± SD	3-й визит, VD ONH, % Visit 3, VD ONH, % M ± SD	p
1 n = 26	49,84 ± 5,93	48,64 ± 5,38	1,20 ± 4,37	0,280
2 n = 14	51,47 ± 4,16	49,94 ± 4,90	1,53 ± 4,32	0,233
3 n = 16	47,91 ± 3,01	44,81 ± 5,77	3,11 ± 5,37	0,027

Примечание. Δ = VD ONH исходно — VD ONH через 12 мес; положительное значение Δ соответствует снижению показателя, p — уровень статистической значимости, n — количество глаз.

Note: Δ = VD ONH initially — VD ONH after 12 months; a positive Δ value corresponds to a decrease in the indicator, p — the level of statistical significance, n — number of eyes.

В целом во всех исследуемых группах за период наблюдения отмечалась тенденция к снижению показателей GCL + IPL, но характер секторных изменений различался в зависимости от типа течения заболевания. В 1-й и 2-й группах наиболее выраженное уменьшение GCL + IPL наблюдалось в нижнем, а в 3-й группе — в верхненосовом секторе.

Показатели RNFL демонстрировали меньшую выраженность динамики, чем GCL + IPL. Наиболее отчетливое снижение толщины RNFL отмечено во 2-й группе, тогда как в 1-й и 3-й группах изменения среднего показателя RNFL менее выражены и не достигали статистической значимости. Независимо от группы минимальные значения RNFL на всех этапах наблюдения определялись в височном секторе.

Анализ показателей микроциркуляции ДЗН. В анализ показателя VD ONH были включены 56 глаз с валидными ОКТА-изображениями, динамика показателя за 12 мес представлена в таблице 5.

Во всех исследуемых группах за период наблюдения отмечалась тенденция к снижению сосудистой плотности ДЗН. У пациентов с PPC среднее значение VD ONH уменьшилось с $49,84 \pm 5,93\%$ до $48,64 \pm 5,38\%$ ($D 1,20 \pm 4,37\%$, $p = 0,280$). Во 2-й группе также отмечено снижение VD ONH с $51,47 \pm 4,16\%$ до $49,94 \pm 4,90\%$; средняя величина изменения составила $1,53 \pm 4,32\%$, $p = 0,233$. Наиболее выраженное уменьшение VD ONH зарегистрировано в 3-й группе: с $47,91 \pm 3,01\%$ до $44,8 \pm 5,77\%$ ($D 3,11 \pm 5,37\%$), различия статистически значимы ($p = 0,027$).

Таким образом, наиболее низкие значения VD ONH через 12 мес зарегистрированы у пациентов с ВПРС. По мере утяжеления течения заболевания прослеживалась тенденция к более выраженному снижению сосудистой плотности ДЗН.

Для уточнения взаимосвязи между микроциркуляторными и структурными изменениями сетчатки и ДЗН проведен корреляционный анализ между VD ONH и основными структурными параметрами ОКТ (табл. 6), показавший наличие связи с типом и длительностью течения РС. В 1-й группе у пациентов с PPC на первом визите выявлены умеренные положительные корреляции между VD ONH и средним значением GCL + IPL ($r = 0,400$; $p < 0,05$), а также толщиной в нижненосовом ($r = 0,419$; $p < 0,05$, рис. 2) и нижнем секторах GCL + IPL ($r = 0,407$; $p < 0,05$). На втором визите аналогичные связи сохраняли положительное направление, однако статистической значимости не достигали.

Во 2-й группе на первом визите корреляционные связи между VD ONH и структурными параметрами практически отсутствовали. Через 12 мес отмечалась тенденция к формированию отрицательных корреляций между VD ONH и показателями GCL + IPL, наиболее выраженная для нижне-

сового сектора GCL + IPL ($r = -0,523$), однако статистически значимых связей в данной группе не получено.

В 3-й группе на первом визите значимых корреляций между VD ONH и структурными параметрами также не выявлено. Через 12 мес зарегистрированы умеренные и сильные положительные корреляции между VD ONH и $cpGCL + IPL$ ($r = 0,567$; $p < 0,05$), в нижненосовом секторе GCL + IPL ($r = 0,527$; $p < 0,05$), а также в нижнем секторе GCL + IPL ($r = 0,734$; $p < 0,01$, рис. 3). Корреляционные связи между VD ONH и показателями RNFL в целом менее выражены, чем с GCL + IPL; наиболее близкой к статистически значимой оказалась зависимость между $cpRNFL$ и VD ONH на 2-м визите у пациентов с ВПРС ($r = 0,496$).

Изучение взаимозависимости клинических, структурных и микроциркуляторных показателей показало, что наиболее сильные корреляции отмечаются в 1-й группе у пациентов с PPC между SDMT и $cpRNFL$ на первом визите ($r = 0,432$, $p < 0,05$) (табл. 7, рис. 4), что отражает умеренную прямую связь между более высокими когнитивными показателями и большей толщиной RNFL. На втором визите в этой же группе аналогичная связь сохраняла положительное направление ($r = 0,368$; $p < 0,05$).

Во 2-й группе статистически значимых корреляций не получено. Вместе с тем отмечалась тенденция к отрицательной связи между EDSS и $cpRNFL$ как на первом ($r = -0,517$), так и на втором визите ($r = -0,455$). Кроме того, на втором визите наблюдалась тенденция к положительной связи между EDSS и VD ONH ($r = 0,462$).

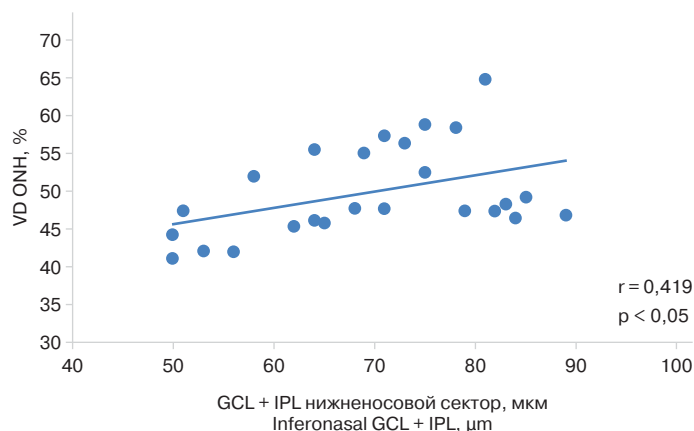


Рис. 2. Корреляция VD ONH с GCL + IPL в нижненосовом секторе при PPC на 1-м визите

Fig. 2. Correlation of VD ONH with GCL + IPL in the inferior nasal sector in RRMS at the 1st visit

Таблица 6. Корреляционные взаимосвязи между микроциркуляторными и структурными параметрами сетчатки в исследуемых группах
Table 6. Correlation relationships between microcirculatory and structural parameters of the retina in the study groups

Показатель Indicator	Группа Group			Показатель Indicator	Группа Group		
	1 n = 26	2 n = 14	3 n = 16		1 n = 26	2 n = 14	3 n = 16
1-й визит Visit 1	VD ONH			2-й визит Visit 2	VD ONH		
cpRNFL AvRNFL thickness	0,373	0,075	-0,196	cpRNFL Av RNFL thickness	0,182	-0,412	0,496
RNFL височный Temporal RNFL	0,361	0,119	-0,01	RNFL височный Temporal RNFL	0,223	-0,213	-0,236
cpGCL + IPL AvGCL + IPL thickness	0,400*	0,046	-0,279	cpGCL + IPL AvGCL + IPL thickness	0,261	-0,399	0,567*
GCL + IPL нижненосовой Inferonasal GCL + IPL	0,419*	-0,079	-0,303	GCL + IPL нижненосовой Inferonasal GCL + IPL	0,253	-0,523	0,527*
GCL + IPL нижний Inferior GCL + IPL	0,407*	0,058	-0,095	GCL + IPL нижний Inferior GCL + IPL	0,265	-0,439	0,734**

Примечание. r — коэффициент корреляции; * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$, n — количество глаз.

Note. r — correlation coefficient; * — $p < 0.05$; ** — $p < 0.01$, n — number of eyes.

Таблица 7. Корреляционные связи между клиническими показателями и структурно-микроциркуляторными параметрами в исследуемых группах
Table 7. Correlation relationships between clinical indicators and structural-microcirculatory parameters in the study groups

Показатель Indicator	Группа Group			Показатель Indicator	Группа Group		
	1 n = 26	2 n = 14	3 n = 16		1 n = 26	2 n = 14	3 n = 16
1-й визит Visit 1	EDSS			2-й визит Visit 2	EDSS		
VD ONH / VD ONH	-0,032	-0,079	-0,333	VD ONH / VD ONH	-0,162	0,462	-0,083
cpGCL + IPL AvGCL + IPL thickness	-0,273	-0,283	0,056	cpGCL + IPL AvGCL + IPL thickness	-0,292	-0,39	-0,089
cpRNFL AvRNFL thickness	-0,321	-0,517	0,034	cpRNFL AvRNFL thickness	-0,18	-0,455	-0,134
SDMT				SDMT			
VD ONH	-0,04	-0,126	0,371	VD ONH	0,213	0,188	0,118
cpGCL + IPL AvGCL + IPL thickness	0,232	-0,365	-0,4	cpGCL + IPL AvGCL + IPL thickness	0,208	0,09	-0,305
cpRNFL AvRNFL thickness	0,432*	-0,384	-0,403	cpRNFL AvRNFL thickness	0,368*	-0,144	-0,427

Примечание. r — коэффициент корреляции; * — $p < 0,05$, n — количество глаз.

Note. r — correlation coefficient, * — $p < 0.05$, n — number of eyes.

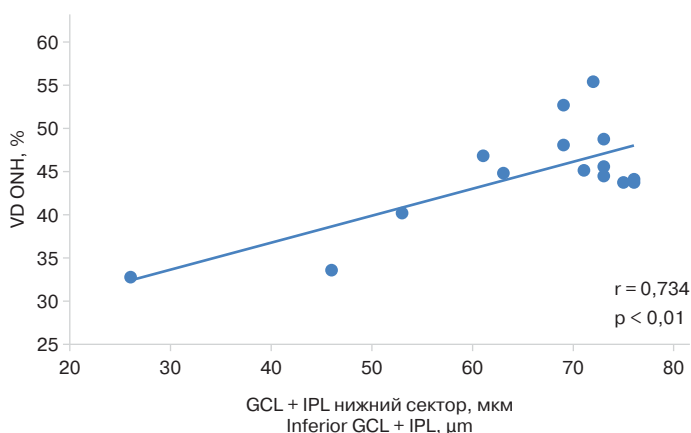


Рис. 3. Корреляция VD ONH с GCL + IPL в нижнем секторе при ВПРС на 2-м визите

Fig. 3. Correlation of VD ONH with GCL + IPL in the inferior sector in SPMS at the 2nd visit

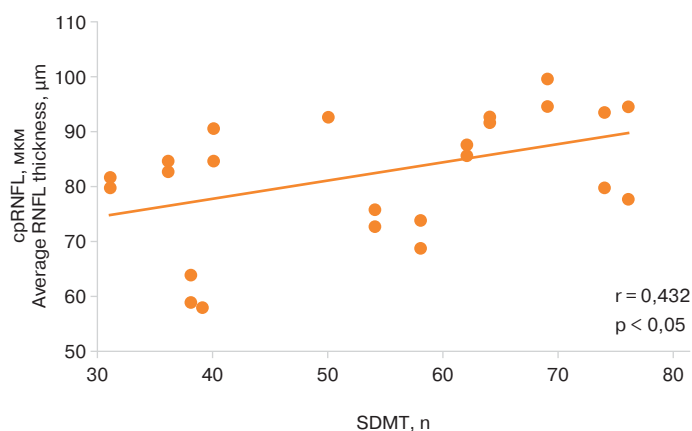


Рис. 4. Корреляция между показателем SDMT и cpRNFL у пациентов с РРС на 1-м визите

Fig. 4. Correlation between SDMT score and avRNFL in patients with RRMS at the 1st visit

В 3-й группе статистически значимых корреляций также не выявлено. Наиболее заметные тенденции определялись между SDMT и срRNFL на втором визите ($r = -0,427$), а также между SDMT и срGCL + IPL на первом визите ($r = -0,400$). Корреляции между EDSS и VD ONH, а также между EDSS и структурными параметрами в этой группе были слабыми.

В целом клинические показатели EDSS и SDMT демонстрировали менее устойчивые взаимосвязи с морфометрическими и микроциркуляторными параметрами, чем корреляции структурных и микроциркуляторных показателей. Наиболее последовательной оказалась ассоциация когнитивной функции по SDMT с толщиной срRNFL у пациентов с PPC.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что в течение одного года наблюдения у пациентов с РС наиболее ранними и устойчивыми являются структурные изменения, прежде всего срGCL + IPL. Во всех исследуемых группах отмечалось снижение этого показателя, однако характер секторных изменений зависел от типа течения заболевания: в 1-й и 2-й группах наиболее выраженное уменьшение наблюдалось в нижнем секторе, тогда как при ВППС — в верхненосовом. Полученные данные в целом согласуются с ранее опубликованными результатами исследований, в которых показано прогрессирующее уменьшение срGCL + IPL и срRNFL по мере утяжеления течения РС и перехода к прогрессирующим формам заболевания, что может быть подтверждением прогредиентного течения нейродегенеративного процесса, при котором в первую очередь и в большей мере страдает именно комплекс GCL. Это можно объяснить тем, что аксоны в переднем зрительном тракте происходят из ганглиозных клеток, и ретроградная дегенерация при РС сопровождается их потерей [8].

Показатели срRNFL в настоящем исследовании продемонстрировали меньшую выраженность отрицательной динамики по сравнению с срGCL + IPL. Значимое снижение зарегистрировано только в 2-й группе, где в течение года произошел переход из PPC в ВППС, тогда как в группах PPC и ВППС изменения не достигали статистической значимости. Вместе с тем во всех группах минимальные значения RNFL на обоих этапах наблюдения определялись в височном секторе, что подтверждает его высокую уязвимость при РС и соответствует данным литературы о преимущественном поражении перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки по мере прогрессирования заболевания [9].

Анализ микроциркуляторных изменений показал, что во всех группах имела тенденция к снижению VD ONH, однако статистически значимое уменьшение выявлено только у пациентов с ВППС. Это согласуется с ранее опубликованными данными, согласно которым снижение сосудистой плотности и перфузии сетчатки и ДЗН усиливается по мере увеличения длительности заболевания и при прогрессирующем типе течения РС [10]. В то же время полученные нами результаты указывают на большую вариабельность VD ONH по сравнению со структурными параметрами сетчатки. Ранее нами было показано отсутствие диагностической значимости этого показателя при дебюте и небольшом стаже РС по сравнению с группами с длительным течением и разными патогенетическими вариантами развития, где наблюдалось выраженное снижение сосудистой плотности ДЗН, обусловленное основными патогенетическими механизмами: провоспалительным фоном, сопровождающимся постепенным изменением морфологии сосудов и обеднением микроциркуляции [7].

Корреляционный анализ между VD ONH и структурными параметрами также продемонстрировал неоднородность связей между группами, что может быть объяснено в том числе небольшой выборкой пациентов. При этом связи VD ONH с GCL + IPL оказались более выраженными, чем с RNFL, что позволяет предположить более тесную ассоциацию микроциркуляторных изменений ДЗН с состоянием комплекса GCL. Подобная направленность взаимосвязей между сосудистыми и структурными показателями ранее также отмечалась в работах, посвященных ОКТА при РС [10, 11].

Корреляции между клиническими показателями и офтальмологическими параметрами в целом были менее устойчивыми. Наиболее последовательной оказалась связь между SDMT и срRNFL у пациентов с PPC, тогда как для EDSS и большинства микроциркуляторных показателей статистически значимых зависимостей не получено. Это указывает на то, что офтальмологические параметры в большей степени отражают локальные структурные и микроциркуляторные изменения зрительного анализатора, чем общий клинический статус пациента. Учитывая небольшой срок наблюдения, можно сказать, что даже незначительно выраженная отрицательная динамика является показателем возможности использования малоинвазивных диагностических критериев для мониторинга течения нейродегенеративного процесса и контроля его активности у пациентов с РС, получающих ПИТРС даже при отсутствии клинической симптоматики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Полученные нами результаты подтверждают высокую информативность ОКТ и ОКТА для динамического наблюдения пациентов с РС.

2. Наиболее последовательные изменения в течение года выявляются в толщине GCL + IPL во всех исследуемых группах, при этом характер секторных изменений зависит от типа течения заболевания.

3. СрRNFL продемонстрировала менее выраженную динамику по сравнению с GCL + IPL с минимальным значением в височном секторе.

4. Во всех группах отмечалась тенденция к снижению VD ONH, при этом показатель характеризовался большей вариабельностью со статистически значимым уменьшением только у пациентов с ВППС.

5. Наиболее выраженные взаимосвязи микроциркуляторных и структурных параметров выявлены между VD ONH и показателями GCL + IPL, тогда как клинические показатели EDSS и SDMT демонстрировали менее устойчивые связи с офтальмологическими параметрами, что связано с небольшим периодом наблюдения и высокой чувствительностью ОКТ и ОКТА в мониторинге офтальмологических маркеров прогредиентно текущих процессов нейродегенерации при РС.

Литература/References

1. Browne P, Chandraratna D, Angood C, et al. Atlas of multiple sclerosis 2013: a growing global problem with widespread inequity. *Neurology*. 2014 Sep 9; 83 (11): 1022–4. doi: 10.1212/WNL.0000000000000768
2. Ortiz-Rubio A, Lexell EM, Håkansson C, Navas-Otero A. Occupational balance, quality of life, occupational performance, and disease-related factors in people with multiple sclerosis: a case-control study. *Aust Occup Ther J*. 2026; 73 (1): e70062. doi: 10.1111/1440-1630.70062
3. Travers BS, Tsang BK, Barton JL. Multiple sclerosis: diagnosis, disease-modifying therapy and prognosis. *Aust J Gen Pract*. 2022; 51 (4): 199–206. doi: 10.31128/AJGP-07-21-6103
4. Montalban X, Lebrun-Fréney C, Oh J, et al. Diagnosis of multiple sclerosis: 2024 revisions of the McDonald criteria. *Lancet Neurol*. 2025; 24 (10): 850–65. doi: 10.1016/S1474-4422(25)00270-4

5. Фурсова А.Ж., Зубкова М.Ю., Васильева М.А. и др. Современные диагностические возможности изучения структурных и функциональных изменений сетчатки и зрительного нерва у пациентов с рассеянным склерозом. *Российский офтальмологический журнал*. 2023; 16 (4): 97–104. [Fursova A.Zh., Zubkova M.Yu., Vasilyeva M.A., et al. Modern diagnostic capabilities for studying structural and functional changes in the retina and optic nerve in patients with multiple sclerosis. *Russian ophthalmological journal*. 2023; 16 (4): 97–104 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-4-97-104>
6. Chalkias IN, Bakirtzis C, Pirounides D, Boziki MK, Grigoriadis N. Optical coherence tomography and optical coherence tomography with angiography in multiple sclerosis. *Healthcare (Basel)*. 2022; 10 (8): 1386. doi: 10.3390/healthcare10081386
7. Фурсова А.Ж., Зубкова М.Ю., Васильева М.А., Карлаш Ю.А., Дербенева А.С. Оптическая когерентная томография — ангиография в диагностике рассеянного склероза. *Вестник офтальмологии*. 2024; 140 (2): 61–8. [Fursova A.Zh., Zubkova M.Yu., Vasilyeva M.A., Karlash Yu.A., Derbeneva A.S. Optical coherence tomography angiography in the diagnosis of multiple sclerosis. *Vestnik oftal'mologii*. 2024; 140 (2): 61–8 (In Russ.)]. doi: 10.17116/oftalma202414002161
8. Лантух Е.П., Зуева М.В., Цапенко И.В. и др. Микроциркуляторные и функциональные изменения в сетчатке и каналах зрительной системы при рассеянном склерозе. *Российский офтальмологический журнал*. 2017; 10 (3): 29–41. [Lantukh E.P., Zueva M.V., Tsapenko I.V., et al. Microcirculatory and functional changes in the retina and visual pathways in multiple sclerosis. *Russian ophthalmological journal*. 2017; 10 (3): 29–41 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2017-10-3-29-41>
9. Cilingir V, Seven E. Retinal clues for selective neuronal loss in multiple sclerosis. *Neurol Sci*. 2024; 45 (3): 1163–71. doi: 10.1007/s10072-023-07110-2
10. Filippatou A, Theodorou A, Stefanou MI, et al. Optical coherence tomography and angiography in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *J Neurol Sci*. 2025; 470: 123422. doi: 10.1016/j.jns.2025.123422
11. Фурсова А.Ж., Зубкова М.Ю., Гамза Ю.А. Ангиооптическая когерентная томография в диагностике нейродегенеративных заболеваний. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2023; 18 (1): 139–44. [Fursova A.Zh., Zubkova M.Yu., Gamza Yu.A. Angio-optical coherence tomography in the diagnosis of neurodegenerative diseases. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova*. 2023; 18 (1): 139–44 (In Russ.)]. doi: 10.25881/20728255_2023_18_1_139

Вклад авторов в работу: А.Ж. Фурсова, М.Ю. Зубкова — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, редактирование, финальная подготовка статьи к публикации; М.А. Васильева, Д.С. Коробко — сбор и обработка данных, написание текста, редактирование.
Author's contribution: A.Zh. Fursova, M.Y. Zubkova — concept and design of the study, data collection and processing editing and final preparation of the article for publication; M.A. Vasilyeva, D.S. Korobko — data collection and processing, writing and editing of the article.

Поступила: 21.04.2026. Переработана: 03.05.2026. Принята к печати: 04.05.2026
Originally received: 21.04.2026. Final revision: 03.05.2026. Accepted: 04.05.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», ул. Немировича-Данченко, д. 130, Новосибирск, 630087, Россия

² ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Красный проспект, д. 52, Новосибирск, 630091, Россия

Анжелла Жановна Фурсова — д-р мед. наук, доцент, заведующая офтальмологическим отделением¹, заведующая кафедрой офтальмологии²

Маргарита Юрьевна Зубкова — врач-офтальмолог¹, ассистент кафедры офтальмологии²

Мария Андреевна Васильева — канд. мед. наук, врач-офтальмолог¹, ассистент кафедры офтальмологии²

Областной центр рассеянного склероза и других аутоиммунных заболеваний нервной системы ГБУЗ НО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», ул. Немировича-Данченко, д. 128, Новосибирск, 630087, Россия

Денис Сергеевич Коробко — канд. мед. наук, врач-невролог

Для контактов: Анжелла Жановна Фурсова,
 anzhellafursova@yandex.ru

¹ Novosibirsk State Regional Hospital, 130, Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk, 630087, Russia

² Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospekt, Novosibirsk, 630091, Russia

Anzhella Zh. Fursova — Dr. of Med Sci., head of the ophthalmological department¹, head of the department of ophthalmology²

Margarita Y. Zubkova — ophthalmologist¹, assistant of the department of ophthalmology²

Maria A. Vasil'eva — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist¹, assistant of the department of ophthalmology²

Regional Center for Multiple Sclerosis and Other Autoimmune Diseases of the Nervous System "Novosibirsk Regional Clinical Hospital", 128, Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk, 630087, Russia

Denis S. Korobko — Cand. of Med. Sci., neurologist

For contacts: Anzhella Zh. Fursova,
 anzhellafursova@yandex.ru