DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

Оптимизация способов лечения лазерным излучением врождённых гигантских пигментных невусов у детей

С.А. Подурар[1], Н.Е. Горбатова[1], А.В. Брянцев[1], В.А. Дуванский[2], А.С. Тертычный[3], Г.А. Варев[4], С.М. Никифоров[5], Я.О. Симановский[5]

[1] Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии, Москва, Россия;
[2] Научно-практический центр лазерной медицины имени О.К. Скобелкина, Москва, Россия;
[3] Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия;
[4] Русский инженерный клуб, Тула, Россия;
[5] Институт общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Врождённые гигантские пигментные невусы (ВГПН) встречаются у 1:20 000–500 000 новорождённых. Выделяют малую (1,5–5 см^2), среднюю (5–50 см^2) и истинно гигантскую форму (более 50 см^2). ВГПН создают психологическую проблему у детей в связи с эстетическим дискомфортом. Различные способы удаления не всегда эффективны и сопровождаются осложнениями: рецидив (6–41%), рубцовая деформация кожи (6%), у взрослых возможна малигнизация (10%). Остаётся открытым вопрос эффективного удаления ВГПН. Это диктует необходимость оптимизации способов лечения лазерным излучением ВГПН у детей. Ранее единичные исследователи для этой цели использовали инфракрасное излучение импульсно-периодического CO_2 лазера с длинной волны (λ) 10,6 мкм, также появились экспериментальные работы по применению «синего» лазерного излучения (λ=0,45 мкм). Экспериментальные исследования на коже лабораторных животных, определили особенности воздействия и перспективные режимы указанных лазерных излучений для хирургических применений при удалении ВГПН.

Цель. Улучшение результатов лечения различных форм ВГПН у детей путём использования оптимизированных способов лечения лазерным излучением.

Методы. Послойное удаление ВГПН проводили «синим» лазерным излучением (λ=0,45 мкм) на аппарате «Лазермед 10-03» (ООО «Русский инженерный клуб», г. Тула) и лазерным излучением с λ=10,6 мкм импульсно-периодического CO_2 лазерного аппарата «АЛДАН» (Институт общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук, г. Москва). В Научно-исследовательском институте неотложной детской хирургии и травматологии лечение различных форм ВГПН выполнено 35 детям: 18 пациентам с малой, 11 — со средней и 6 — с истинно гигантской формой. Возраст детей 6–18 лет. У 13 детей ВГПН располагались на лице, у 6 — на передней поверхности грудной клетки, у 8 — на нижних и верхних конечностях, у 4 — на брюшной стенке и у 4 — на спине.

Результаты. Окончательный хороший клинический и эстетический результат отмечен у 29 детей с малыми и средними формами ВГПН; предварительный (на этапе лечения) хороший клинический и удовлетворительный эстетический результат — у 6 пациентов с истинно гигантской формой; плохой результат не отмечен.

Заключение. Опыт использования оптимизированных способов лечения с применением указанного лазерного излучения подтвердил их клиническую и эстетическую эффективность при удалении различных форм ВГПН у детей и определил перспективу их использования в детской хирургии.

Ключевые слова: врождённый гигантский пигментный невус; «синее» лазерное излучение с длиной волны 0,45 мкм; инфракрасное излучение с длиной волны 10,6 мкм; импульсно-периодический CO_2-лазер; клиническое исследование.

Как цитировать:
Подурар С.А., Горбатова Н.Е., Брянцев А.В., Дуванский В.А., Тертычный А.С., Варев Г.А., Никифоров С.М., Симановский Я.О. Оптимизация способов лечения лазерным излучением врождённых гигантских пигментных невусов у детей // Детская хирургия. 2024. Т. 28, № 6. С. 568–579. DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

Рукопись получена: 30.08.2024 **Рукопись одобрена:** 12.11.2024 **Опубликована online:** 05.12.2024

DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

Optimization of curative techniques with laser light in congenital giant pigmented nevi in children

Stanislav A. Podurar[1], Natalya E. Gorbatova[1], Alexander V. Bryantsev[1], Vladimir A. Duvansky[2], Aleksandr S. Tertychnyy[3], Gennady A. Varev[4], Sergey M. Nikiforov[5], Yaroslav O. Simanovsky[5]

[1] Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, Russia;
[2] The Skobelkin Research and Practical Centre for Laser Medicine, Moscow, Russia;
[3] The First Sechenov Moscow State Medical University, Moscow, Russia;
[4] Russian Engineering Club, Tula, Russia;
[5] Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Congenital giant pigmented nevi (CGPN) occur in 1:20 000 to 1:500 000 newborns. They are small (1.5 to 5 sq. cm), medium (5 to 50 sq. cm) and a truly gigantic (more than 50 sq. cm) types of pigmented nevi. CGPN create a psychological problem in children, due to aesthetic discomfort. Various techniques for their removal are not always effective and may cause complications: relapse (6–41%), skin scarring (6%), malignancy is possible in adults (10%). The question of CGPN effective removal remains open. This stimulates search for the optimization of applied curative options; and one of the ways is to use laser light for CGPN removal in children. Previously, individual researchers used infrared radiation (λ 10.6 microns) generated by pulsed periodic CO_2 laser for this purpose; some experimental work on "blue" (λ 0.45) light generated by diode laser was done too. Experimental studies on the skin of laboratory animals could define features of exposure and promising modes of these types of laser radiation for surgical application in CGPN removal.

AIM: To improve outcomes of treatment of various CGPN forms in children with optimized laser techniques.

METHODS: The CGPN removal was done with "blue" laser light (λ 0.45 micron) using Lasermed 10-03 device manufactured by Russian Engineering Club LLC (Tula) and laser light (λ 10.6 microns) generated by pulsed periodic CO_2 laser device ALDAN (manufacturer IOF RAS, Moscow, Russia). 35 children with various CGPN forms were treated in the Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma. Among them: 18 patients with a small form, 11 children with an average form, and 6 with a true gigantic form. Children's age ranged from 6 to 18 years. In 13 children, CGPN located on the face, in 6 — on the anterior surface of the chest, in 8 — on the lower and upper extremities, in 4 — on the abdominal wall and in 4 — on the back.

RESULTS: The final good clinical and aesthetic outcome was registered in 29 children with small and medium CGPN forms. In 6 patients with true gigantic forms, good clinical and satisfactory aesthetic results were registered preliminary, at the treatment stage. No unsatisfactory results were seen.

CONCLUSION: Our experience with optimized techniques using mentioned types of laser light for the removal of various CGPN forms in children has confirmed their clinical and aesthetic effectiveness and outlined the prospect of their application in pediatric surgery.

Keywords: congenital giant pigmented nevus; "blue" laser radiation with a wavelength of 0.45 microns; infrared radiation with a wavelength of 10.6 microns; pulsed periodic CO_2 laser; clinical study.

To cite this article:
Podurar SA, Gorbatova NE , Bryantsev AV, Duvansky VA, Tertychnyy AS, Varev GA, Nikiforov SM, Simanovsky YaO. Optimization of curative techniques with laser light in congenital giant pigmented nevi in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery.* 2024;28(6):568–579. DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

Submitted: 30.08.2024 **Accepted:** 12.11.2024 **Published online:** 05.12.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Невус или пигментный невус (лат. *nævus)* — это доброкачественное образование кожи. Группа врождённых гигантских пигментных невусов (ВГПН) — образования, которые отличаются по размеру, форме, цвету пигментации и встречаются относительно редко. Частота встречаемости в различных регионах мира 1:20 000–500 000 детей [1]. Первые работы о наличии ВГПН у детей опубликованы Ж. Бюффоном [2]. ВГПН разделяют по размеру на малый (1,5–10 см^2), средний (10–60 см^2) и истинно гигантский (более 60 см^2) [3]. Они занимают обширные участки тела и причиняют эстетический дискомфорт [4].

В возрасте 4 и 7 лет, а также в период пубертата в 76,8% случаев наблюдается значительное увеличение площади и толщины ВГПН. Возможны осложнения из-за травматического воздействия бытовыми предметами (23,2%) и повышенной солнечной инсоляции (64,9%), что может привести к воспалению, фрагментации, десквамации, изъязвлению и кровотечению. В 10% случаев у взрослых возможно развитие злокачественных опухолей [5].

Сегодня для удаления этих образований применяют: хирургическое вмешательство, иссечение, криодеструкцию, электрокоагуляцию, дермабразию (механическую, химическую, лазерную) и удаление лазером. После удаления ВГПН указанными способами неудовлетворительный клинический и эстетический результат отмечают 41% пациентов [6, 7]. Указанные методы в 50% случаев приводят к осложнениям: рецидив и образование рубцовых изменений кожи в 4–6% случаев [8, 9]. Медицинские, психологические и эстетические проблемы, особенно у детей, делают необходимым выбор радикального метода удаления ВГПН [10, 11].

Современным и перспективным способом удаления ВГПН считается применение лазерного излучения. Для этой процедуры используются лазеры с длинами волн (λ): 10,6 мкм, 1064 нм, 755 нм, 694 нм и другие. Однако не всегда воздействие этих волн эффективно — в 2–5% случаев возникают рубцы [12, 13]. Лазерная дермабразия с использованием непрерывного излучения стандартных CO_2 лазеров часто приводит к осложнениям — избыточной гипопигментации (34%), гиперпигментации (13%) и образованию рубцов на коже [14].

Таким образом, существует актуальная задача разработки новых современных, эффективных методов лечения лазерным излучением данных пигментных образований. Предварительные результаты исследования на лабораторных животных с воздействием «синего» (λ=0,45 мкм) и инфракрасного (λ=10,6 мкм) лазерных излучений показали точное воздействие на кожу, обеспечивающее предсказуемую глубину и возможность удаления различных по толщине пигментированных тканей [15, 16]. Однако дальнейшие исследования по использованию оптимизированных методов лечения лазерным излучением для удаления ВГПН не проводились.

ЦЕЛЬ

Улучшение результатов лечения различных форм ВГПН у детей путём использования оптимизированных способов лечения лазерным излучением.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Данное интервенционное одноцентровое выборочное исследование проводилось на базе ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения г. Москвы с 2020 по 2024 год.

Для проведения исследования применяли лазерное излучение (λ=0,45 мкм) в импульсном режиме с мощностью до 10 Вт и диаметром пятна 1 мм от лазерного аппарата «Лазермед 10-03» и инфракрасное лазерное излучение (λ=10,6 мкм), генерируемое импульсно-периодическим CO_2 лазерным аппаратом «АЛДАН» с мощностью импульса более 2000 Вт, энергией одного импульса 20–40 мДж, длительностью импульса 20 мкс и диаметром рабочего пятна до 2 мм.

Описание экспериментального исследования

Проведено сравнительное экспериментальное исследование на живых лабораторных крысах вида (Rattus Linnaeus) с пигментированной черной кожей. Изучались особенности воздействия и регенеративного процесса при применении лазерного излучения «синего» (λ=0,45 мкм) и инфракрасного излучения (λ=10,6 мкм) импульсно-периодического CO_2 лазера сразу после воздействия и в течение 90 сут. В исследовании использовались 14 крыс с пигментированной черной кожей в возрасте 6–8 мес. Группа, подвергнутая излучению «синего» лазера, включала 7 крыс: проведена 21 кожная проба с последующим анализом макропрепаратов и изучено 126 гистологических микропрепаратов. Для исследования инфракрасного излучения импульсно-периодического CO_2 лазера использовалось 7 крыс: проведена 21 кожная проба и изучено 126 гистологических микропрепаратов.

Аналогичное исследование выполнено на черной пигментированной коже 4 минисвиней вида «Вьетнамская вислобрюхая карликовая свинья», 6-мес. возраста. Анатомо-физиологические параметры (особенно толщина кожного покрова) была сравнима с толщиной кожи детей [17]. У 4 минисвиней выполнен забор 42 образцов препаратов пигментированной кожи, изучено 42 макропрепарата с зонами воздействия и 252 гистологических микропрепаратов. Забор образцов проводили под наркозом непосредственно после воздействия (в нулевой срок), а также на 4, 7, 12, 21, 30 и 90 день. Наркоз достигался введением раствора тилетамина + золазепама внутримышечно в дозе 0,1 мл на 100 мг массы тела. Образцы получали путём иссечения участков кожи. После забора образцов животных выводили из исследования методом гуманной эвтаназии, увеличивая дозу препарата в соответствии с инструкцией.

DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

Далее готовили гистологические препараты кожи: удалённые зоны помещали в раствор 10% нейтрального формалина. Гистологическую проводку выполняли на автоматическом аппарате Excelsior, парафинировали на аппарате EC350, окрашивали образцы гематоксилином и эозином, после чего проводили анализ морфометрических параметров зон воздействия при помощи микроскопа Olympus.

Методика выполнения экспериментального исследования

На кожу 7 крыс и 2 минисвиней воздействовали «синим» лазером. Параметры включали: диаметр лазерного пятна 1 мм, скорость сканирования 0,5 см/сек. Исходя из результатов предыдущих исследований на пигментированной коже крыс были установлены необходимые параметры: мощность 3, 6 и 10 Вт, длительность импульса 0,5 сек, интервал между импульсами 0,25 сек. Указанные параметры были использованы в дальнейшем исследовании [15].

На кожу 7 лабораторных крыс и 2 минисвиней, воздействовали CO_2 лазером со следующими параметрами: скорость сканирования 0,5 см/сек с диаметром лазерного пятна 1 мм, частота 10 и 20 Гц, переменная энергия в импульсе 20, 30 и 40 мДж. Состояние кожи крыс сразу после воздействия показано на рис. 1; состояние кожи минисвиней — на рис. 2.

Статистический анализ

В статистическом анализе использовали программы: STATISTICA ver. 12 (StatSoft Inc., USA) и PAST ver. 4.16c (PAST: Paleontological Statistics software package for education, Uniwersity of Oslo, Norway). Были проведены статистические сравнения долей и процентов при различных методах лечения. Построены графики сопутствующих осложнений, сделаны соответствующие выводы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании анализа результатов экспериментального исследования определены параметры режимов лазерного излучения, необходимые для послойного удаления различной толщины пигментных тканей ВГПН (табл. 1).

Параметры режимов для послойного удаления различной толщины пигментных тканей были определены.

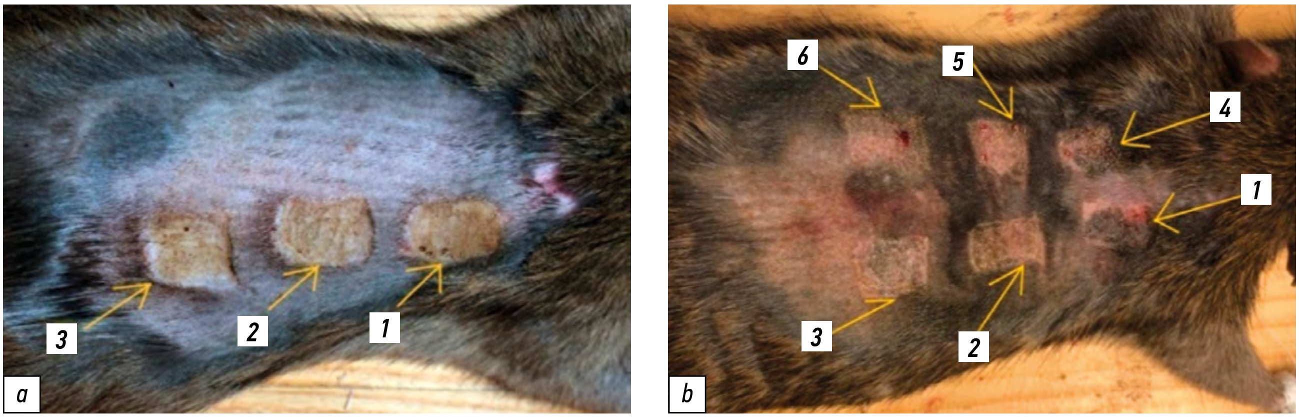

Рис. 1. Состояние кожи крыс сразу после воздействия лазерным излучением: *a* — «синим» лазером с мощностью 3 Вт (*1*), 6 Вт (*2*), 10 Вт (*3*); *b* — CO_2 лазером с энергией и частотой: 20 мДж, 10 Гц (*1*); 30 мДж, 10 Гц (*2*); 40 мДж, 10 Гц (*3*); 20 мДж, 20 Гц (*4*); 30 мДж, 20 Гц (*5*); 40 мДж, 20 Гц (*6*).

Fig. 1. Skin condition of rats immediately after exposure to laser radiation: *a* — «blue» laser with a power of: 3 W (*1*); 6 W (*2*); 10 W (*3*); *b* — CO_2 laser with energy and frequency: 20 mJ, 10 Hz (*1*); 30 mJ, 10 Hz (*2*); 40 mJ, 10 Hz (*3*); 20 mJ, 20 Hz (*4*); 30 mJ, 20 Hz (*5*); 40 mJ, 20 Hz (*6*).

Рис. 2. Состояние кожи мини-свиней сразу после воздействия лазерным излучением: *a* — «синим» лазером с мощностью 3 Вт (*1*), 6 Вт (*2*), 10 Вт (*3*); *b* — CO_2 лазером с энергией и частотой: 20 мДж, 20 Гц (*1*); 30 мДж, 20 Гц (*2*); 40 мДж, 20 Гц (*3*).

Fig. 2. Skin condition of mini pigs immediately after exposure to laser radiation: *a* — «blue» laser with a power of: 3 W (*1*); 6 W (*2*); 10 W (*3*); *b* — CO_2 laser with energy and frequency: 20 mJ, 20 Hz (*1*); 30 mJ, 20 Hz (*2*); 40 mJ, 20 Hz (*3*).

DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

Таблица 1. Параметры режимов лазерного излучения, коррелированные с толщиной пигментированных тканей

Table 1. Parameters of the modes of laser radiation, correlated with the thickness of the pigmented tissues

Толщина пигментированных тканей, мм (длина волны лазера, мкм) / Thickness of pigmented tissues, mm (laser wavelength, microns)	Параметры режимов лазерного излучения / Parameters of the laser radiation modes		
	3–9 лет	9–13 лет	13–18 лет
<1 (10,6)	20 мДж	20 мДж	40 мДж
1–1,5 (10,6)	20 мДж	40 мДж	40 мДж
1,5–3 (0,45)	3 Вт	6 Вт	10 Вт
3–5 (0,45)	6 Вт	10 Вт	10 Вт

Для «синего» лазерного излучения были установлены следующие параметры: переменная мощность 3, 6 и 10 Вт, постоянная длительность импульса 0,5 сек, интервал между импульсами 0,25 сек, диаметр лазерного пятна 1 мм, скорость сканирования 1 см/сек, перекрытие лазерных пятен на 1/4 площади. Параметры для CO_2 лазера: переменная энергия в импульсе 20, 30 и 40 мДж, частота 20 Гц, диаметр лазерного пятна 2 мм, скорость сканирования 1 см/сек, перекрытие лазерных пятен на 1/4 площади.

Макроскопическое исследование сразу после лазерного воздействия показало наличие депигментированных участков с сохранением кожного покрова (рис. 3). Через 30 сут после воздействия не было обнаружено рубцовой деформации, кожа осталась депигментированной (рис. 4).

На основании результатов гистологического исследования установлено, что сразу после воздействия (нулевой срок) «синего» лазерного излучения на поверхности кожи определяется участок компактного коагуляционного некроза толщиной (10±5) мкм. Далее следует коагуляционный гомогенный некроз толщиной (340±95) мкм, под ним ткани не изменены, общая толщина некротических изменений (350±100) мкм, карбонизации нет (рис. 5). Сразу после воздействия (нулевой срок) CO_2 лазера определяется поверхностно расположенный компактный коагуляционный некроз, толщиной (35±10) мкм, далее следуют

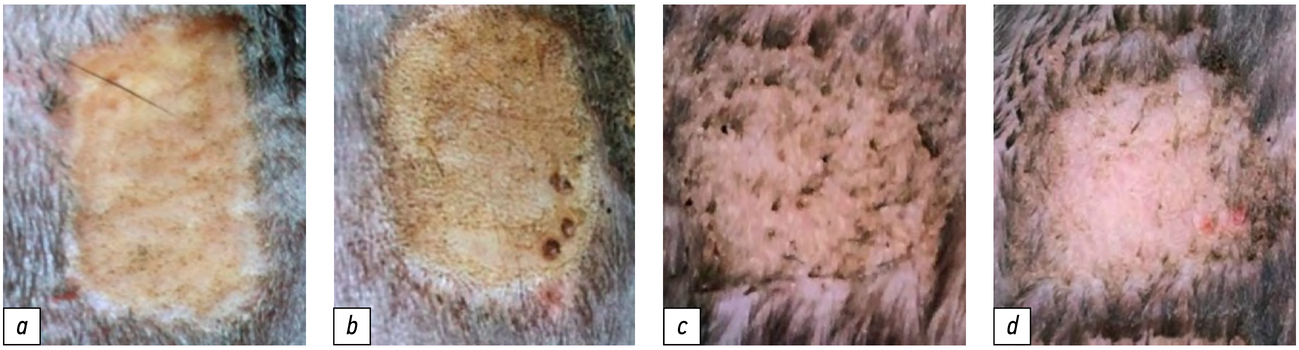

Рис. 3. Состояние кожи лабораторной крысы сразу после лазерного воздействия: *a* — λ=0,45 мкм, 3 Вт; *b* — λ=0,45 мкм, 10 Вт; *c* — λ=10,6 мкм, 20 мДж; *d* — λ=10,6 мкм, 40 мДж.

Fig. 3. Skin condition of a laboratory rat immediately after laser exposure: *a* — λ=0.45 μm, 3 W; *b* — λ=0.45 μm, 10 W; *c* — λ=10.6 μm, 20 mJ; *d* — λ=10.6 μm, 40 mJ.

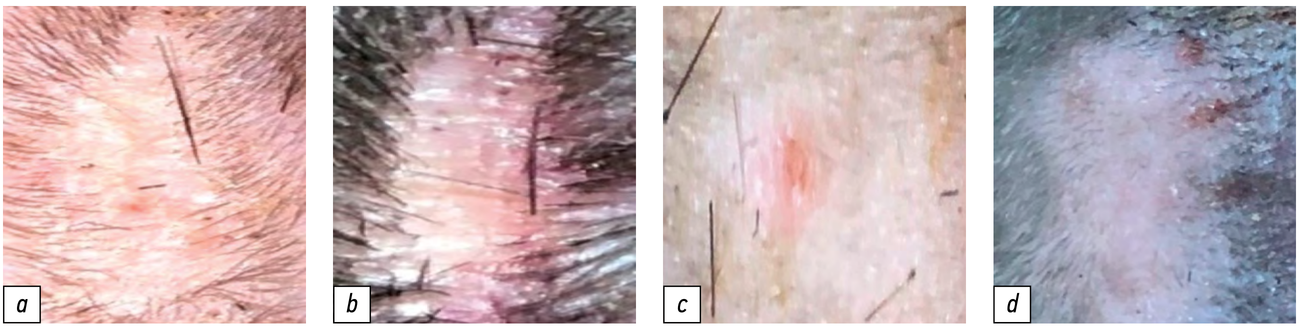

Рис. 4. Состояние кожи лабораторной крысы через 30 сут после лазерного воздействия: *a* — λ=0,45 мкм, 3 Вт; *b* — λ=0,45 мкм, 10 Вт; *c* — λ=10,6 мкм, 20 мДж; *d* — λ=10,6 мкм, 40 мДж.

Fig. 4. Skin condition of a laboratory rat 30 days after laser exposure: *a* — λ=0.45 μm, 3 W; *b* — λ=0.45 μm, 10 W; *c* — λ=10.6 μm, 20 mJ; *d* — λ=10.6 μm, 40 mJ.

DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

неизменённые подлежащие ткани, придатки кожи полностью сохранены, карбонизации нет (см. рис. 5).

На 30 сут после воздействия «синего» и CO_2 лазера при всех использованных параметрах отмечено полное восстановление всех слоёв и придатков эпителия с общей толщиной коллагенового слоя (450±50) и (150±50) мкм, соответственно (рис. 6).

Сравнительная характеристика результатов воздействия указанных лазерных излучений на кожу пигментированных крыс приведена в табл. 2.

Мы сравнили результаты лазерного воздействия на черную пигментированную кожу 4 минисвиней в нулевой день и через 90 сут после воздействия. В нулевой день после воздействия «синим» лазером кожа

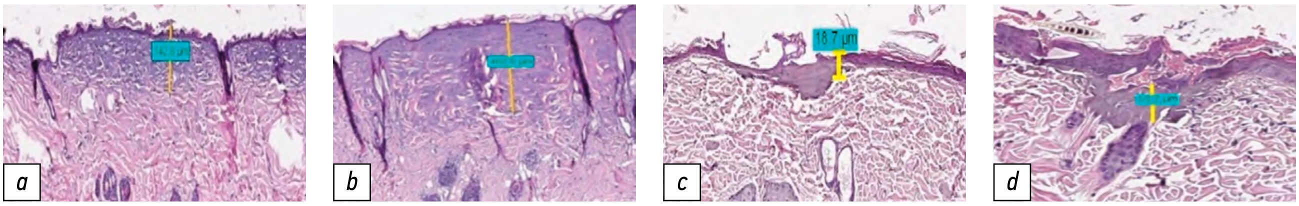

Рис. 5. Гистологическая картина кожи лабораторной крысы сразу после лазерного воздействия: *a* — λ=0,45 мкм, 3 Вт; *b* — λ=0,45 мкм, 10 Вт; *c* — λ=10,6 мкм, 20 мДж; d — λ=10,6 мкм, 40 мДж.

Fig. 5. Histological picture of exposure areas on the skin of rat immediately (0 period) after exposure: *a* — λ=0.45 μm, 3 W; *b* — λ=0.45 μm, 10 W; *c* — λ=10.6 μm, 20 mJ; d — λ=10.6 μm, 40 mJ.

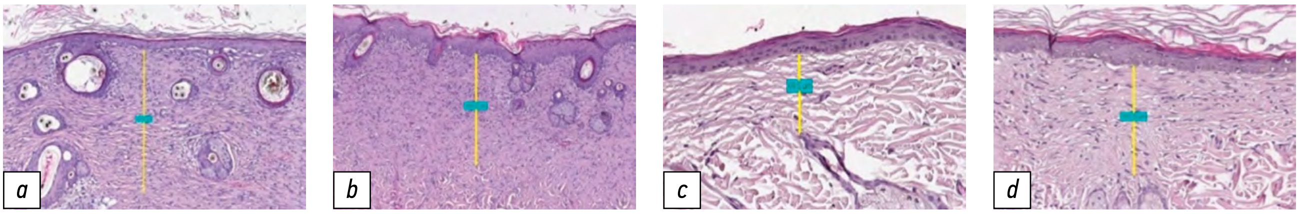

Рис. 6. Гистологическая картина кожи лабораторной крысы через 30 сут после лазерного воздействия: *a* — λ=0,45 мкм, 3 Вт; *b* — λ=0,45 мкм, 10 Вт; *c* — λ=10,6 мкм, 20 мДж; *d* — λ=10,6 мкм, 40 мДж.

Fig. 6. Histological picture of the skin of a laboratory rat 30 days after laser exposure: *a* — λ=0.45 μm, 3 W; *b* — λ=0.45 μm, 10 W; *c* — λ=10.6 μm, 20 mJ; *d* — λ=10.6 μm, 40 mJ.

Таблица 2. Сравнительная характеристика результатов воздействия лазеров на пигментированную кожу крыс

Table 2. Comparative characteristics of the result of lasers exposure on pigmented rat skin

Качественные и количественные характеристики / Qualitative and quantitative characteristics	«Синее» лазерное излучение / «Blue» laser radiation	Инфракрасное излучение импульсно-периодического CO_2 лазера / Infrared radiation of a pulsed periodic CO_2 laser
Характер некроза / The nature of necrosis	Коагуляционный / Coagulation	Коагуляционный / Coagulation
Средняя толщина участка некроза, мкм / The average thickness of the necrosis site, microns	350±100	35±10
Границы участка коагуляционного некроза / Boundaries of the coagulation necrosis site	Чёткое разграничение с неизменёнными тканями / Clear distinction with unmodified tissues	Чёткое разграничение с неизменёнными тканями / Clear distinction with unmodified tissues
Наличие придатков кожи / The presence of skin appendages	Частичное сохранение проксимальных участков придатков / Partial preservation of the proximal areas of appendages	Полное сохранение придатков / Complete preservation of appendages
Карбонизация / Carbonation	Отсутствует / Absent	Отсутствует / Absent
Полное отторжение некроза, сут / Complete rejection of necrosis, day	14–21	10–14
Полное восстановление всех слоёв эпителия, сут / Complete restoration of all epithelial layers, day	21–30	14–21
Наличие депигментации / The presence of depigmentation	На всех сроках наблюдения / At all periods of observation	На всех сроках наблюдения / At all periods of observation

DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

покрылась жёлто-коричневой коагуляционной корочкой, без пигментации; после воздействия CO_2 лазером определялась розовая поверхность без пигментации (рис. 7).

На 90 сут все зоны воздействия имели ровный, светлый оттенок пигментации, были видны отдельные волосы, рубцов не было (рис. 8).

Участники клинического исследования

В Научно-исследовательском институте неотложной детской хирургии и травматологии выполнено послойное удаление ВГПН «синим» (λ=0,45 мкм) лазерным излучением и инфракрасным (λ=10,6 мкм) импульсно-периодическим CO_2 лазером у 35 детей. У 18 пациентов была малая, у 11 — средняя и у 6 — истинно гигантская форма. Дети были разделены на 3 возрастные группы: 11 больных вошли в группу 6–8 лет, 13 — в группу 9–13 лет и 11 — в группу 14–18 лет. У 13 детей ВГПН локализовался на лице, у 6 — на передней поверхности грудной клетки, у 8 — на нижних и верхних конечностях, у 4 — на брюшной стенке и у 4 — на спине. От законных представителей пациентов получено добровольное информированное согласие на участие в исследовании и использование результатов в научных целях.

Методы клинического исследования

В Научно-исследовательском институте неотложной детской хирургии и травматологии был разработан и запатентован «Способ удаления врождённых пигментных образований кожи у детей» [20].

В клиническом исследовании для послойного удаления тканей ВГПН использовали различные режимы «синего» и CO_2 лазеров, коррелирующие с толщиной ВГПН и возрастом ребёнка (табл. 3).

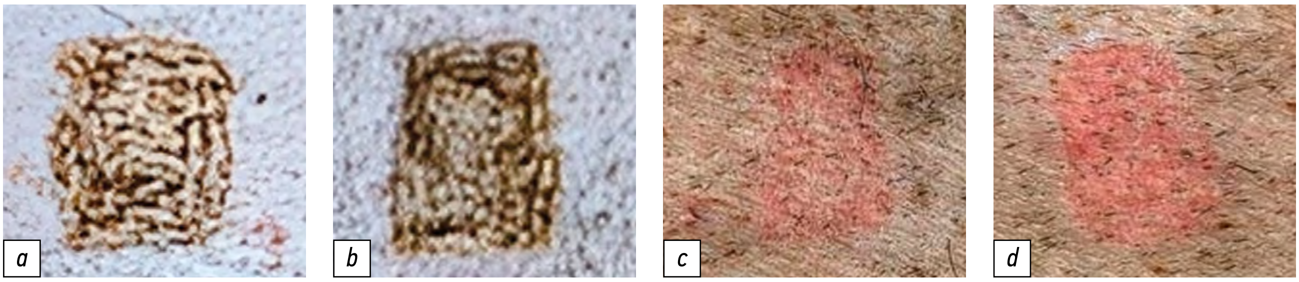

Рис. 7. Состояние кожи минисвиньи сразу после лазерного воздействия: *a* — λ=0,45 мкм, 3 Вт; *b* — λ=0,45 мкм, 10 Вт; *c* — λ=10,6 мкм, 20 мДж; *d* — λ=10,6 мкм, 40 мДж.

Fig. 7. Skin condition of the mini pig immediately after laser exposure: *a* — λ=0.45 μm, 3 W; *b* — λ=0.45 μm, 10 W; *c* — λ=10.6 μm, 20 mJ; *d* — λ=10.6 μm, 40 mJ.

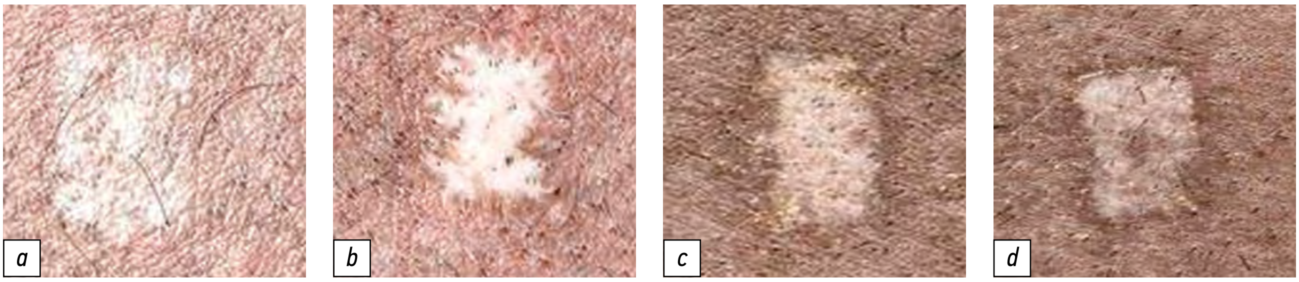

Рис. 8. Состояние кожи минисвиньи через 90 сут после лазерного воздействия: *a* — λ=0,45 мкм, 3 Вт; *b* — λ=0,45 мкм, 10 Вт; *c* — λ=10,6 мкм, 20 мДж; *d* — λ=10,6 мкм, 40 мДж.

Fig. 8. Skin condition of a mini pig 90 days after laser exposure: *a* — λ=0.45 μm, 3 W; *b* — λ=0.45 μm, 10 W; *c* — λ=10.6 μm, 20 mJ; *d* — λ=10.6 μm, 40 mJ.

Таблица 3. Параметры режимов мощности лазеров

Table 3. Parameters of the power modes of lasers

Толщина пигментного образования, мм (длина волны лазера, мкм) / The thickness of the pigment formation, mm (laser wavelength, microns)	Возрастные группы пациентов, лет / Age groups of patients, years		
	6–8	9–13	14–18
<1 (10,6)	20 мДж	20 мДж	40 мДж
1–1,5 (10,6)	20 мДж	40 мДж	40 мДж
1,5–3 (0,45)	3 Вт	6 Вт	10 Вт
3–5 (0,45)	6 Вт	10 Вт	10 Вт

DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

Алгоритм лечения

Перед операцией всем пациентам проводили осмотр хирурга, консультацию онколога и дерматоскопию для исключения злокачественного характера образования, ультразвуковое исследование с цветовым допплеровским картированием для измерения толщины и особенностей кровоснабжения ВГПН. Результаты обследования с учётом возрастных особенностей толщины кожи ребёнка служили основой для выбора параметров лазерного излучения.

Лечение проводили под местным комплексным обезболиванием, включающим аппликационную анестезию кремом для наружного применения (2,5% лидокаина + 2,5% прилокаина) и инфильтрационную анестезию раствором 2% артикаина гидрохлорида.

Техника послойного удаления пигментных тканей: торец манипулятора располагали перпендикулярно поверхности образования на расстоянии ≤0,1 мм; манипулятор последовательно перемещали по поверхности образования со скоростью скорость 1 см/сек, перекрывая лазерное пятно диаметром 1 мм на 1/4 площади.

Техника иссечения отдельных структурных элементов ВГПН. Иссечение выполняли сфокусированным лазерным излучением (λ=0,45 мкм) с диаметром пятна 1 мм. По окружности и на расстоянии не менее 0,1 мм от края элемента проводили диссекцию тканей на всю глубину ВГПН. Иссечение отдельных структурных элементов при удалении ВГПН использовали для гистоморфологического исследования образования или его фрагментов. Указанное исследование выполнено всем пациентам.

Результаты клинического исследования

Технических трудностей и осложнений во время лечения отмечено не было, гемостаз полный у всех пациентов. Ближайший и отдалённый послеоперационный период протекал без особенностей, заживление раневой поверхности наблюдали в среднем на (14±2) сут.

Клинический результат оценивали на контрольных осмотрах через 7, 14 и 30 сут, через 6 и 12 мес., а также в катамнезе до 2 лет на основании визуальных критериев: наличия или отсутствия остаточных пигментных элементов невуса, рубцовых локальных изменений кожного покрова и других осложнений.

Эстетический результат оценивали на основании следующих критериев: отсутствие рубцовой деформации кожного покрова, остаточных пигментных элементов невусов, функциональных нарушений; субъективная оценка пациента и его родителей по Шкале общего эстетического улучшения.

Проведён анализ результатов лечения 35 пациентов с различными формами ВГПН. У 29 пациентов с малыми и средними формами отмечен окончательный хороший клинический и эстетический результат. На этапе лечения истинно гигантских форм предварительный хороший клинический и эстетический результат достигнут у 2, а удовлетворительный — у 4 детей. Плохого результата ни у одного пациента не было. Результаты лечения представлены в табл. 4.

Таким образом, определены оптимальные режимы указанных лазерных излучений для удаления ВГПН. Рекомендуемая энергия в импульсе CO_2 лазера (λ=10,6 мкм, частота импульсов до 20 Гц) при толщине невуса менее 1 мм — 20 мДж; при толщине невуса 1–1,5 мм — 40 мДж. Рекомендуемая мощность «синего» лазерного излучения (λ=0,45 мкм, длительность импульса 0,5 сек, интервал между импульсами 0,25 сек): при толщине невуса 1,5–3 мм — 3 Вт; при толщине невуса 3–5 мм — 10 Вт.

Учитывая критерии клинической эффективности проведён статистический метаанализ результатов лечения ВГПН оптимизированной лазерной методикой при использовании «синего» (λ=0,45 мкм) лазерного излучения и инфракрасного излучения (λ=10,6 мкм) импульсно-периодического CO_2 лазера, по сравнению с другими методами удаления ВГПН. Рецидива пигментного образования не было, что доказывает радикальность удаления. Рубцовые изменения

Таблица 4. Результаты лечения

Table 4. The results of treatment

Размер невуса / Nevus size	Длина волны лазера, мкм / Laser wavelength, microns	Клинический результат / Clinical outcome			Оценка по Шкале общего эстетического улучшения / Assessment on the Scale of general aesthetic improvement		
		Хороший окончательный / A good final	Удовлетворительный / Satisfactory	Плохой / Bad	3 балла / 3 points	2 балла / 2 points	1 балл / 1 points
Малый / Small	0,45	11	0	0	11	0	0
	10,6	7	0	0	7	0	0
Средний / Average	0,45	7	0	0	7	0	0
	10,6	4	0	0	4	0	0
Гигантский / Gigantic	0,45	1	2	0	1	2	0
	10,6	1	2	0	1	2	0
Итого / Total	0,45	19	2	0	19	2	0
	10,6	12	2	0	12	2	0

DOI: https://doi.org/10.17816/ps830

отмечали 2,8% пациентов, что связано с локализацией ВГПН на участках, подверженных рубцеванию (грудная клетка, область плечевого сустава и т.д.) и обширностью поражения пигментным образованием (табл. 5).

Сравнительная оценка доказала клинически большую эффективность, меньшую частоту рецидивов и неудовлетворительных косметических результатов оптимизированной лазерной методики (табл. 6).

Таблица 5. Клиническая эффективность различных методов удаления врождённых гигантских пигментных невусов

Table 5. Comparative results of clinical efficacy of treatment of various methods of congenital giant pigmented nevi removal

Тип лечения / Type of treatment	Рецидив или необходимость повторных сеансов, % / Relapse or need for repeated sessions, %	Рубцевание, % / Scarring, %
Хирургическое лечение / Surgical treatment	—	30
Криотерапия / Cryotherapy	50	20
Механическая дермабразия / Mechanical dermabrasion	19,6	20
Лазерная CO_2-дермабразия / Laser CO_2 dermabrasion	18	8,3
Удаление непрерывным CO_2 лазером / Removal by continuous CO_2 laser	6,3	5
Оптимизированная лазерная методика / Optimized laser technique	0	2,8

Таблица 6. Сравнение результатов клинических исследований методов удаления врождённых гигантских пигментных невусов с оптимизированной лазерной методикой

Table 6. Comparative results of clinical studies of various methods of congenital giant pigmented nevi removal

Тип лечения / Type of treatment	Исследования / Researches	Кол-во больных / Number of patients	Рецидив или необходимость повторных сеансов, % / Relapse or need for repeated sessions, %	Рубцевание, % / Scarring, %	Статистическое сравнение частоты рецидивов / Statistical comparison of recurrence rates	Статистическое сравнение частоты рубцевания / Statistical comparison of scarring frequency
Хирургическое иссечение / Surgical excision	1 ретроспективное исследование [18] / 1 retrospective study [18]	158	—	30	—	p=0,0011, p <0,05
Криотерапия / Cryotherapy	1 проспективное исследование [8] / 1 prospective study [8]	205	50	20	p=0,0001, p <0,05	p=0,0178, p <0,05
Удаление непрерывным CO_2 лазером / Removal by continuous CO_2 laser	1 ретроспективное исследование [7] / 1 retrospective study [7]	176	6,3	20	p=0,176, p >0,05	p=0,0183, p <0,05
Механическая дермабразия / Mechanical dermabrasion	1 ретроспективное исследование [19] / 1 retrospective study [19]	204	19,6	8,3	p=0,0041, p <0,05	p=0,3221, p >0,05
Лазерная CO_2-дермабразия / Laser CO_2 dermabrasion	1 ретроспективное исследование [14] / 1 retrospective study [14]	127	18	5	p=0,0068, p <0,05	p=0,7098, p >0,05
Оптимизированная лазерная методика / Optimized laser technique	Собственное исследование / Own research	35	0	2,8	—	—

У 88,5% пациентов достигнут хороший клинический и эстетический результат, они полностью удовлетворены результатом лечения, в то время как оставшиеся 11,5% с истинно гигантской формой выразили желание незначительно улучшить состояние кожных покровов в области операции.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время существует множество способов удаления ВГПН: криодеструкция, хирургическое вмешательство, электрокоагуляция, механическая дермабразия и различные методы с применением лазерного излучения. Однако исследования показывают, что 41% пациентов не довольны лечением из-за неудовлетворительных результатов и осложнений, которые возникают в 50% случаев. У некоторых пациентов после удаления ВГПН CO_2 лазером возникают такие осложнения, как гипертрофические и келоидные рубцы, рубцовые деформации (2–6%), послеоперационная гиперемия (до 21%), гиперпигментация (до 13%), гипопигментация (34%) и рецидивы пигментного образования (6%) [11].

На основании результатов сравнительного экспериментального исследования определена большая глубина термического повреждения при использовании «синего» (λ=0,45 мкм) лазерного излучения, по сравнению с инфракрасным (λ=10,6 мкм) излучением импульсно-периодического CO_2 лазера, а также более короткие сроки заживления в случае применения последнего. Различие в результатах воздействия сравниваемых лазеров объясняется глубиной проникновения волн в кожу.

Однако при всех использованных режимах рассматриваемых лазеров наблюдается сохранение проксимально расположенных придатков кожи, за счёт чего происходит центральная эпителизация раневой поверхности и появляется возможность удаления больших участков ВГПН. При различных формах ВГПН на основании толщины пигментных образований 0,5–5 мм и с учётом особенностей детской кожи, толщина которой в среднем 3–6 мм, были определены оптимальные режимы лазерного удаления ВГПН.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для послойного удаления пигментных образований толщиной 1,5–5 мм целесообразно использовать «синее» (λ=0,45 мкм) лазерное излучение, для удаления образований с толщиной до 1,5 мм возможно эффективное применение инфракрасного излучения (λ=10,6 мкм) импульсно-периодического CO_2 лазера. Опыт применения оптимизированных способов лазерного лечения подтвердил их клиническую и эстетическую эффективность при удалении различных форм ВГПН у детей и определил перспективу их использования в хирургии детского возраста.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Статья публикуется без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Наибольший вклад распределён следующим образом: С.А. Подурар — сбор и обработка материалов, дизайн исследования, анализ полученных данных, написание текста; Н.Е. Горбатова, В.А. Дуванский — сбор и обработка материалов; А.В. Брянцев, А.С. Тертычный, Г.А. Варев — дизайн исследования, рецензирование и доработка рукописи; С.М. Никифоров, Я.О. Симановский — анализ полученных данных, сбор и обработка материалов.

Этическое утверждение. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом Научно-исследовательского института неотложной детской хирургии и травматологии (№ 7 от 15.11.2021).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The publication had no sponsorship.

Competing interests. The authors claim that there is no conflict of interest in the article.

Authors' contribution. All authors confirm compliance of their authorship with the international ICMJE criteria. The largest contribution is distributed as follows: S.A. Podurar — collection and processing of materials, research design, analysis of the data obtained, writing the text; N.E. Gorbatova, V.A. Duvansky — collection and processing of materials; A.V. Bryantsev, A.S. Tertychny, G.A. Varev — research design, review, and revision of the manuscript; S.M. Nikiforov, Ya.O. Simanovsky — analysis of the received data, collection, and processing of materials.

Ethics approval. The present study protocol was approved by the local Ethics Committee of the Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (No. 7 by 15.11.2021).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подурар С.А., Горбатова Н.Е. Проблемы и перспективы в лечении различных форм пигментных невусов у детей (обзор литературы) // Детская хирургия. 2023. Т. 27, № 2. С. 98–106. EDN: WHXDEB doi: 10.55308/1560-9510-2023-27-2-98-106

2. Price H.N. Congenital melanocytic nevi: Update in genetics and management // Curr Opin Pediatr. 2016. Vol. 28, N 4. P. 476–482. doi: 10.1097/MOP.0000000000000384

3. Дорошенко М.Б., Утяшев И.А., Демидов Л.В., Алиев М.Д. Клинические и биологические особенности гигантских врождённых невусов у детей // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2016. Т. 95, № 4. С. 50–56. EDN: WFBHEF

4. Tyagi A., Kumar B., Kumar M.K. Giant congenital melanocytic nevus: A rare case report // Int J Contemporary Pediatr. 2020. Vol. 7, N 11. P. 2236. doi: 10.18203/2349-3291.ijcp20204407

5. Schaffer J.V. Pigmented lesions in children: When to worry // Curr Opin Pediatr. 2007. Vol. 19, N 4. P. 430–440. doi: 10.1097/MOP.0b013e32825b0788

6. Ersen B., Akin S., Sahin A., et al. Clinical and histopathological analysis of 790 naevi excised from 509 patients due to cosmetic reasons // Eur J Plastic Surg. 2014. Vol. 38, N 2. P. 133–138. doi: 10.1007/s00238-014-1041-6

7. Капустина О.Г. Диагностика и оптимизация лечения новообразований кожи в амбулаторной практике дерматолога: Автореф. дис. … канд. мед. наук: 14.00.11. Место защиты: Гос. ин-т усовершенствования врачей. Москва, 2009. 22 с.

8. Sommer L.L., Barcia S.M., Clarke L.E., Helm K.F. Persistent melanocytic nevi: A review and analysis of 205 cases // J Cutan Pathol. 2011. Vol. 38, N 6. P. 503–507. doi: 10.1111/j.1600-0560.2011.01692.x

9. King R., Hayzen B.A., Page R.N., et al. Recurrent nevus phenomenon: A clinicopathologic study of 357 cases and histologic comparison with melanoma with regression // Modern Pathology. 2009. Vol. 22, N 5. P. 611–617. doi: 10.1038/modpathol.2009.22

10. Krengel S., Scope A., Dusza S.W., et al. New recommendations for the categorization of cutaneous features of congenital melanocytic nevi // J Am Acad Dermatol. 2013. Vol. 68, N 3. P. 441–451. doi: 10.1016/j.jaad.2012.05.043

11. Arya S., Jain M., Bunkar M., et al. Giant congenital melanocytic nevus with limb hypoplasia and lipomatosis: A rare association // J Pigmentary Dis. 2016. Vol. 3, N 2. P. 1–3. doi: 10.4172/2376-0427.1000238

12. Hong K.T., Lim J.M., Lee S.E., et al. A treatment of medium-to-giant congenital melanocytic nevi with combined er:YAG laser and long-pulsed alexandrite laser // Med Laser. 2017. Vol. 6, N 2. P. 77–85. doi: 10.25289/ML.2017.6.2.77

13. Цховребова Л.Э. Врождённые гигантские пигментные невусы у детей: клиника, диагностика, лечение // Детская хирургия. 2014. Т. 18, № 1. С. 38–41. EDN: RVNDVT

14. Доронин В.А. Дермабразия CO2 лазером эпидермально-дермальных дефектов, а также увядающей кожи в амбулаторных условиях: Автореф. дис. … канд. мед. наук: 14.00.27. Место защиты: Гос. науч. центр лазер. медицины. Москва, 2004. 24 с. EDN: NIBMTV

15. Подурар С.А., Горбатова Н.Е., Брянцев А.В., и др. Экспериментальное исследование возможности использования «синего» (λ=450 нм) лазерного излучения для удаления пигментных образований // Лазерная медицина. 2023. Т. 27, № 3. С. 21–35. EDN: PSSHCK doi: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-21-35

16. Горбатова Н.Е., Золотов С.А., Симановский Я.О., и др. Экспериментальная сравнительная оценка эффективности режимов абляции различной длительности импульсами CO_2 лазеров на кожных покровах минисвиней для целей лазерной дермабразии // Биомедицина. 2013. № 4. С. 90–106. EDN: RTRSWB

17. Капанадзе Г.Д., Ашуев Ж.А. Светлогорская популяция минисвиней // Биомедицина. 2007. № 1. С. 70–80. EDN: NTSTLT

18. Букина Ю.В., Конопацкова О.М., Федоров В.Э. Показания к хирургическому лечению пигментных невусов кожи // Медицинский альманах. 2013. № 5. С. 155–158. EDN: RSHYCB

19. Ferrandiz L., Moreno-Ramirez D., Camacho F.M. Shave excision of common acquired melanocytic nevi: Cosmetic outcome, recurrences, and complications // Dermatol Surg. 2005. Vol. 31, N 9, Pt. 1. P. 1112–1115. doi: 10.1097/00042728-200509000-00005

20. Патент РФ на изобретение № 2820879/ 14.07.2023. Горбатова Н.Е., Подурар С.А., Платонова А.Д., и др. Способ лечения врождённых гигантских пигментных невусов (ВГПН) у детей. Режим доступа: https://i.moscow/patents/ru2820879c1_20240611

REFERENCES

1. Podurar SA, Gorbatova NE. Problems and prospects in the treatment of various forms of pigmented nevi in children (a literature review). *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2023;27(2):98–106. EDN: WHXDEB doi: 10.55308/1560-9510-2023-27-2-98-106

2. Price HN. Congenital melanocytic nevi: Update in genetics and management. *Curr Opin Pediatr*. 2016;28(4):476–482. doi: 10.1097/MOP.0000000000000384

3. Doroshenko MB, Utyashev IA, Demidov LV, Aliev MD. Clinical and biological features of giant congenital nevi in children. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo.* 2016;95(4):50–56. EDN: WFBHEF

4. Tyagi A, Kumar B, Kumar MK. Giant congenital melanocytic nevus: A rare case report. *Int J Contemporary Pediatr.* 2020;7(11):2236. doi: 10.18203/2349-3291.ijcp20204407

5. Schaffer JV. Pigmented lesions in children: When to worry. *Curr Opin Pediatr.* 2007;19(4):430–440. doi: 10.1097/MOP.0b013e32825b0788

6. Ersen B, Akin S, Sahin A, et al. Clinical and histopathological analysis of 790 naevi excised from 509 patients due to cosmetic reasons. *Eur J Plastic Surg.* 2014;38(2):133–138. doi: 10.1007/s00238-014-1041-6

7. Kapustina OG. *Diagnosis and optimisation of treatment of skin neoplasms in outpatient practice of a dermatologist* [dissertation abstract]: 14.00.11. Place of defence: State Institute for Advanced Medical Education. Moscow; 2009. 22 p. (In Russ.)

8. Sommer LL, Barcia SM, Clarke LE, Helm KF. Persistent melanocytic nevi: A review and analysis of 205 cases. *J Cutan Pathol.* 2011;38(6):503–507. doi: 10.1111/j.1600-0560.2011.01692.x

9. King R, Hayzen BA, Page RN, et al. Recurrent nevus phenomenon: A clinicopathologic study of 357 cases and histologic comparison with melanoma with regression. *Modern Pathology*. 2009;22(5):611–617. doi: 10.1038/modpathol.2009.22

10. Krengel S, Scope A, Dusza SW, et al. New recommendations for the categorization of cutaneous features of congenital melanocytic nevi. *J Am Acad Dermatol.* 2013;68(3):441–451. doi: 10.1016/j.jaad.2012.05.043

11. Arya S, Jain M, Bunkar M, et al. Giant congenital melanocytic nevus with limb hypoplasia and lipomatosis: A rare association. *J Pigmentary Dis*. 2016;3(2):1–3. doi: 10.4172/2376-0427.1000238

12. Hong KT, Lim JM, Lee SE, et al. A treatment of medium-to-giant congenital melanocytic nevi with combined er:YAG laser and long-pulsed alexandrite laser. *Med Laser.* 2017;6(2):77–85. doi: 10.25289/ML.2017.6.2.77

13. Tskhovrebova LE. Congenital giant pigmented nevi in children: clinical features, diagnostics, treatment. *Russian Journal of Pediatric Surgery.* 2014;18(1):38–41. EDN: RVNDVT

14. Doronin VA. *Dermabrasion by CO_2-laser of epidermal-dermal defects, as well as withering skin in outpatient conditions* [dissertation abstract]: 14.00.27. Place of protection: State Scientific Centre for Laser Medicine. Moscow; 2004. 24 p. (In Russ.) EDN: NIBMTV

15. Podurar SA, Gorbatova NE, Bryantsev AV, et al. An experimental study on the application of "blue" (λ=450 nm) laser light to remove pigmented skin formations. *Laser Med.* 2023;27(3):21–35. EDN: PSSHCK doi: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-21-35

16. Gorbatova NE, Zolotov SA, Simanovsky YO, et al. Experimental assessment of efficiency of modes of an ablyation impulses of CO_2 of lasers of various duration of integuments of mini-pigs for a laser dermabraziya. *J Biomed.* 2013;(4):90–106. EDN: RTRSWB

17. Kapanadze GD, Ashuev JA. Svetlogorsk population of mini pigs. *J Biomed.* 2007;(1):70–80. (In Russ.) EDN: NTSTLT

18. Bukina YV, Konopackova OM, Fedorov VE. The indications for the surgical treatment of the pigmented naevuses of skin. *Meditsinskii Al'manakh.* 2013;(5):155–158. EDN: RSHYCB

19. Ferrandiz L, Moreno-Ramirez D, Camacho FM. Shave excision of common acquired melanocytic nevi: Cosmetic outcome, recurrences, and complications. *Dermatol Surg.* 2005;31(9, Pt 1):1112–1115. doi: 10.1097/00042728-200509000-00005

20. Patent RUS № 2820879/ 14.07.2023. Gorbatova NE, Podurar SA, Platonova AD, et al. Method for Treating Congenital Giant Pigmented Nevi (CGPN) in Children. Available from: https://i.moscow/patents/ru2820879c1_20240611

ОБ АВТОРАХ

*** Подурар Станислав Александрович;**
адрес: Россия, 119180, Москва, ул. Большая Полянка, д. 20;
ORCID: 0000-0002-4293-5467;
eLibrary SPIN: 6414-6452;
e-mail: podurar.stanislav@yandex.ru

Горбатова Наталья Евгеньевна, канд. мед. наук, академик АМТН;
ORCID: 0000-0003-4949-7655;
eLibrary SPIN: 6016-6891;
e-mail: natashgorbatov@yandex.ru

Брянцев Александр Владимирович, канд. мед. наук;
ORCID: 0009-0001-7508-8524;
eLibrary SPIN: 6230-8980;
e-mail: alex_br@doctor-roshal.ru

Дуванский Владимир Анатольевич, д-р мед. наук, проф.;
ORCID: 0000-0001-5880-2629;
eLibrary SPIN: 1894-8820;
e-mail: dvaendo@mail.ru

Тертычный Александр Семенович, д-р мед. наук, проф.;
ORCID: 0000-0001-5635-6100;
eLibrary SPIN: 5150-0535;
e-mail: atertychnyy@gmail.com

Варев Геннадий Александрович, канд. техн. наук;
ORCID: 0009-0007-0543-2477;
e-mail: info@lasermed.ru

Никифоров Сергей Михайлович, канд. физ.-мат. наук;
ORCID: 0000-0001-7510-4355;
eLibrary SPIN: 9359-0557;
e-mail: nikiforov@kapella.gpi.ru

Симановский Ярослав Олегович, канд. техн. наук;
ORCID: 0000-0003-0779-1135;
eLibrary SPIN 3438-9329;
e-mail: symanosky@kapella.gpi.ru

AUTHORS' INFO

*** Stanislav A. Podurar,** MD;
address: 20 Bolshaya Polyanka street, 119180 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-4293-5467;
eLibrary SPIN: 6414-6452;
e-mail: podurar.stanislav@yandex.ru

Natalya E. Gorbatova , MD, Cand. Sci. (Medicine), Academician of AMTS;
ORCID: 0000-0003-4949-7655;
eLibrary SPIN: 6016-6891;
e-mail: natashgorbatov@yandex.ru

Alexander V. Bryantsev, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0009-0001-7508-8524;
eLibrary SPIN: 6230-8980;
e-mail: alex_br@doctor-roshal.ru

Vladimir A. Duvansky, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-5880-2629;
eLibrary SPIN: 1894-8820;
e-mail: dvaendo@mail.ru

Aleksandr S. Tertychnyy, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-5635-6100;
eLibrary SPIN: 5150-0535;
e-mail: atertychnyy@gmail.com

Gennady A. Varev, Cand. Sci. (Engineering);
ORCID: 0009-0007-0543-2477;
e-mail: info@lasermed.ru

Sergey M. Nikiforov, Cand. Sci. (Physics and Mathematics);
ORCID: 0000-0001-7510-4355;
eLibrary SPIN: 9359-0557;
e-mail: nikiforov@kapella.gpi.ru

Yaroslav O. Simanovsky, Cand. Sci. (Engineering);
ORCID: 0000-0003-0779-1135;
eLibrary SPIN 3438-9329;
e-mail: symanosky@kapella.gpi.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author