

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

УДК 616.711-007.53/.55-053.2-089-06:616.831-009.12-053.2

**НАВИГАЦИОННАЯ АССИСТЕНЦИЯ
ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ТЯЖЕЛОГО
НЕЙРОМЫШЕЧНОГО ЛОРДОСКОЛИОЗА У РЕБЕНКА
С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ****^{1,2}Кокушин Д.Н., ^{1,2}Виссарионов С.В., ¹Хусаинов Н.О., ³Соколова В.В.**¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Пушкин, e-mail: partgerm@yandex.ru;²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург;³ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург

Вопросы хирургической коррекции деформаций позвоночника у детей, страдающих детским церебральным параличом (ДЦП), являются одной из важных проблем современной вертебрыологии. Сложность лечения данной патологии обусловлена особенностями и изменениями прежде всего в соматическом статусе, трофике мягких тканей, снижением потенций к регенерации в послеоперационном периоде и повышением количества инфекционных осложнений в области имплантации металлоконструкции. При тяжелых деформациях позвоночника у пациентов с ДЦП, относящихся к III–V классам по шкале GFMS, проведение коррекции и стабилизации деформации позвоночника обуславливает необходимость в использовании позвоночно-тазовой фиксации, что тоже, в свою очередь, увеличивает объем, тяжесть и травматичность хирургического вмешательства, что является предпосылкой для развития глубокой раневой инфекции в ложе металлоконструкции в послеоперационном периоде. При установке транспедикулярных опорных элементов в позвонки, а также использовании позвоночно-тазовой фиксации важен контроль корректности и безопасности установки винтов в костные структуры, осуществляемый путем использования флюороскопического контроля, использования C-дуги, O-arm, интраоперационной КТ-навигации, роботоассистенции. Однако данные методики связаны с увеличением лучевой нагрузки. Использование навигационной ассистенции, основанной на предоперационной компьютерной томографии позвоночника, позволило обеспечить корректную и безопасную установку опорных элементов в позвонки, крестец и кости таза, уменьшить травматичность вмешательства, при этом снизив лучевую нагрузку на пациента и персонал операционной, что обусловило устранение лордосколиотической деформации позвоночно-тазового сегмента осевого скелета, радикальное положительное изменение локомоторного потенциала и повышение качества жизни пациента.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, сколиоз, хирургическое лечение, навигация, транспедикулярная фиксация, позвоночно-тазовая фиксация, радиация, дети

**NAVIGATION ASSISTANCE IN THE SURGICAL TREATMENT OF SEVERE
NEUROMUSCULAR LORDOSCOLIOSIS IN A CHILD WITH CEREBRAL PALSY****^{1,2}Kokushin D.N., ^{1,2}Vissarionov S.V., ¹Khusainov N.O., ³Sokolova V.V.**¹G.I. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Pushkin, e-mail: partgerm@yandex.ru;²I.I. Mechnikov North-Western State Medical University named after of Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg;³Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg

The issues of surgical correction of spinal deformities in children suffering from cerebral palsy (cerebral palsy) are one of the important problems of modern vertebratology. The complexity of the treatment of this pathology is due to the peculiarities and changes primarily in the somatic status, the trophism of soft tissues, a decrease in the potency for regeneration in the postoperative period and an increase in the number of infectious complications in the implantation of metal structures. In severe spinal deformities in patients with cerebral palsy belonging to classes III–V on the GFMS scale, correction and stabilization of spinal deformity necessitates the use of vertebral-pelvic fixation, which also, in turn, increases the volume, severity and traumatism of surgical intervention, which is a prerequisite for the development of deep wound infection in the bed metal structures in the postoperative period. When installing transpedicular support elements in vertebrae, as well as using vertebral-pelvic fixation, an important point is to control the correctness and safety of installing screws in bone structures, carried out by using fluoroscopic control, the use of C-arc, O-arm, intraoperative CT navigation, robot-assisted. However, these techniques are associated with an increase in radiation exposure. The use of navigation assistance based on preoperative computed tomography of the spine made it possible to ensure the correct and safe installation of supporting elements in the vertebrae, sacrum and pelvic bones, to reduce the traumatic nature of the intervention, while reducing the radiation load on the patient and the operating room staff, which led to the elimination of lordoscoliotic deformation of the vertebral-pelvic segment of the axial skeleton, a radical positive change in locomotor potential and improving the patient's quality of life.

Keywords: cerebral palsy, scoliosis, surgical treatment, navigation, transpedicular fixation, vertebral-pelvic fixation, radiation, children

Вопросы хирургической коррекции деформаций позвоночника у детей, страдающих детским церебральным параличом (ДЦП), являются одной из важных проблем современной вертебрологии. Сложность лечения данной патологии обусловлена особенностями и изменениями прежде всего в соматическом статусе, трофике мягких тканей, снижением потенции к регенерации в послеоперационном периоде и повышением количества инфекционных осложнений в области имплантации металлоконструкции. В то же время проведение таких оперативных вмешательств в более зрелом возрасте у взрослых пациентов не снижает количество осложнений, приводя к увеличению тяжести и травматичности хирургического лечения нейромышечной деформации позвоночника. При тяжелых деформациях позвоночника у пациентов с ДЦП, относящихся к III–V классам по шкале GFMS, проведение коррекции и стабилизации деформации позвоночника обуславливает необходимость в использовании позвоночно-тазовой фиксации, что тоже, в свою очередь, увеличивает объем, тяжесть и травматичность хирургического вмешательства, что является предпосылкой для развития глубокой раневой инфекции в ложе металлоконструкции в послеоперационном периоде [1–3]. При установке транспедикулярных опорных элементов в позвонки, а также использовании позвоночно-тазовой фиксации важен контроль корректности и безопасности установки винтов в костные структуры, осуществляемый путем использования флюороскопического контроля, использования С-дуги, O-arm, интраоперационной КТ-навигации, роботоассистенции. Однако данные методики связаны с увеличением лучевой нагрузки как на пациента, так и на медицинский персонал [4–6]. Наш опыт использования системы активной оптической 3D-КТ навигации, основанной на данных предоперационной компьютерной томографии позвоночника, при оперативной коррекции деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом с использованием тотальной транспедикулярной фиксации, показал эффективность данного метода навигационной ассистенции при тяжелых сколиотических деформациях [7, 8].

Цель исследования – описание возможностей применения системы активной оптической 3D-КТ навигации при хирургическом лечении ребенка с тяжелым лордозсколиозом на фоне детского церебрального паралича.

Клиническое наблюдение

Пациент А., 16 лет. Anamnesis morbi. Болен с рождения. На учете у невролога с диагнозом «ДЦП, спастическая диплегия». Многократно оперирован: 2012 год – селективная дорзальная ризотомия; транспозиция впадины после подвздошно-седалищной остеотомии таза слева, корригирующая деторсионно-варизирующая укорачивающая межvertebralная остеотомия бедренной кости, открытое вправление бедра, тенотомия приводящих мышц бедра; 2013 год – удлинение сгибателей голени с задним артролизом коленных суставов, удаление спиц из крыла левой подвздошной кости; внесуставной артородез подтаранных суставов, операция Страйера с двух сторон; 2017 год – транспозиция вертлужной впадины после тройной остеотомии таза справа, корригирующая деторсионно-вальгизирующая межvertebralная укорачивающая остеотомия бедренной кости с остеосинтезом углообразной металлоконструкцией; 2018 – удаление металлоконструкции из бедренной кости и спиц из костей таза справа. Появление и прогрессирование сколиотической деформации позвоночника отмечено с 9 лет, консервативное лечение без эффекта. Последние полтора года в связи с нарастанием деформации пациент перемещается в инвалидной коляске, утратил способность к вертикализации.

При поступлении проведено комплексное обследование. В неврологическом статусе – ДЦП, спастическая диплегия. GM-FCS 4. Рентгенограммы и КТ позвоночника. На спондилограммах грудного и поясничного отделов позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскостях при статической нагрузке определяется основная правосторонняя сколиотическая дуга поясничного отдела на уровне Th12-L4 позвонков 80° по Cobb. В сагиттальной плоскости – грудной кифоз не усилен, поясничный гиперлордоз до 106° по Cobb, задняя позвонковая линия ровная. Патологическая ротация и торсия апикальных позвонков 4 ст., клиновидность тел и дисков на вершине дуги. Кости тазового кольца с ротацией влево, наклоном кпереди. Признак Риссера не оценить. Децентрация головки правой бедренной кости. На серии аксиальных срезов, при построении мультипланарных и объемных реконструкций грудного и поясничного отделов позвоночника дополнительно определяются дегенеративно-дистрофические изменения сегментов на вершине сколиотической дуги. Сближены остистые отростки на вершине поясничного лордоза. Интракорпоральные

вдавления Шморля тел грудных позвонков. Очаговых изменений костной ткани нет. Позвоночный канал без включений патологической плотности, деформирован на вершине сколиоза. Вальгусная деформация проксимального отдела бедренной кости справа, с краниолатеральным и задним смещением (ретроверзией головки с дистрофическими изменениями костной ткани по задней поверхности) бедренного компонента; варусная деформация проксимального отдела бедренной кости слева, с грибовидной деформацией головки, укорочением шейки с высоким положением большого вертела, источением дна впадины. Заключение: лучевая (рентген, КТ) картина вторичного левостороннего лордосколиоза поясничного отдела позвоночника нейроморфогенного генеза, 4 степени.

МРТ головного мозга, грудного и поясничного отделов позвоночника и спинного мозга: на серии МР-томограмм, взвешенных по T1 и T2 в трех плоскостях, визуализированы суб- и супратенториальные структуры. Участки изменения интенсивности МР-сигнала от вещества головного мозга не определяются. Боковые желудочки мозга симметричные (D=S), расширены за счет задних рогов. III и IV желудочки не изменены. Имеется недоразвитие задних отделов мозолистого тела. Субарахноидальное пространство выражено равномерно, не расширено. Гипофиз однородной структуры. Воронка гипофиза не смещена. Перекрест зрительных нервов без особенностей. Слуховые нервы симметричные, интенсивность МР-сигнала от них не изменена. Срединные структуры не смещены. Миндалины мозжечка расположены на уровне большого затылочного отверстия. Заключение: МР-

картина умеренной гидроцефалии, гипоплазии мозолистого тела. На серии МРТ грудно-поясничного отделов позвоночника в трех стандартных плоскостях, выполненных в режимах T1-T2ВИ, в сагиттальной плоскости физиологические изгибы позвоночника деформированы за счет гиперкифоза (57°) грудного отдела, гиперлордоза поясничного отдела, во фронтальной плоскости в грудном отделе позвоночника определяется сколиотическая деформация позвоночника – левосторонняя сколиотическая дуга с вершиной на уровне LII (с углом искривления 56°), с клиновидностью тел позвонков и м/п дисков, со снижением высоты на вогнутой стороне сколиотической дуги. Позвоночный канал визуализируемых отделов без значимого сужения. Субарахноидальное пространство проходимо. Внутриканальные образований не выявлено. Спинной мозг представлен единым стволом, однородной структуры, повторяет изгибы позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскостях, смещен в позвоночном канале вправо и кзади на вершине деформации. Конус спинного мозга на уровне L2. Корешки конского хвоста спинного мозга нечетко дифференцируются. Достоверных данных за грыжи, протрузии м/п дисков не выявлено. Заключение: МР-картина левосторонней лордосколиотической деформации грудного и поясничного отделов позвоночника, интракранальной патологии не выявлено (рис. 1).

Из дорсального доступа выполнено хирургическое вмешательство: коррекция и стабилизация деформации позвоночника и таза многоопорной транспедикулярной металлоконструкцией под контролем системы активной оптической 3Д-КТ навигации. Задний спондилодез аутоотрансплантатами.



Рис. 1. Данные лучевого исследования пациента А., 16 лет, до операции:
 А – панорамные рентгенограммы (прямая и боковая проекции);
 Б – КТ позвоночника (3D-реконструкция)

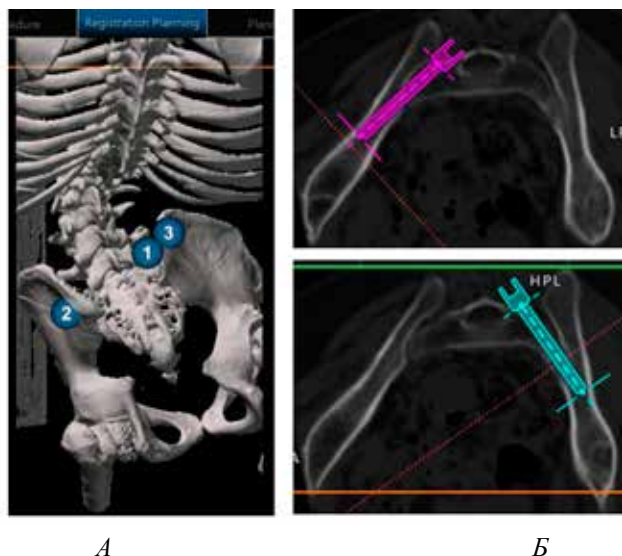


Рис. 2. Предоперационное планирование в навигационной станции:
 А – планирование референтных точек для интраоперационной регистрации;
 Б – планирование положения виртуальных винтов для фиксации S2 – крыло подвздошной кости

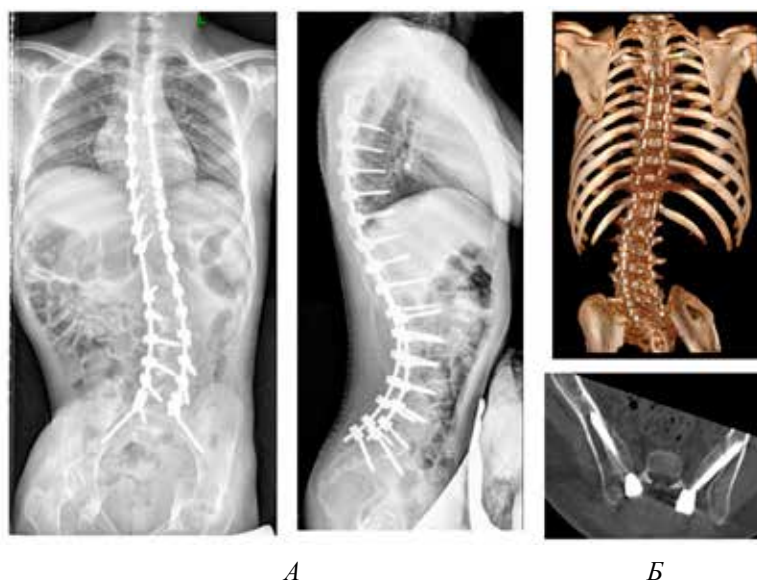


Рис. 3. Данные лучевого исследования пациента А., 16 лет, после операции:
 А – панорамные рентгенограммы (прямая и боковая проекции);
 Б – КТ позвоночника (положение винтов S2 – крыло соответствует положению запланированных виртуальных винтов в навигационной станции)

Ход хирургического вмешательства.
 В положении пациента на животе выполнен разрез мягких тканей по линии остистых отростков от Th4 до S3 позвонков. Скелетированы с трудом ввиду выраженности деформации позвоночника задние элементы позвонков на протяжении. С применением активной 3Д-КТ навигации установлены транспедикулярные винты: слева в тела Th8, Th9, Th10, Th11, Th12, L1, L2, L3, L4, L5, S1 позвонков и винт S2 – кры-

ло подвздошной кости; справа в тела Th5, Th6, Th7, Th8, Th9, Th10, Th11, L1, L2, L3, L4, L5, S1 позвонков и винт S2 – крыло подвздошной кости (рис. 2).

Супраламинарный крюк на Th5 позвонок справа. Всего 27 опорных элементов. Произведена задняя мобилизация позвоночника. Первый стержень изогнут по форме физиологических изгибов позвоночника, погружен в опорные элементы по правой стороне, фиксирован гайками. Второй стержень

жень смоделирован в соответствии с нормальным сагиттальным профилем позвоночника, погружен в опорные элементы по левой стороне. Стержень в опорных элементах фиксирован гайками. По стержням произведена сегментарная коррекция деформации. Рентгенологический контроль. Система стабильна. Выполнен задний спондилодез аутокостью. Вдоль стержней и опорных элементов конструкции уложены костные аутотрансплантаты. Контроль раны на гемостаз и инородные тела. Установлен раневой дренаж. Рана ушита наглухо отдельными узловыми швами. Непрерывный шов ПЖК. Степлерные швы на кожу. Асептическая наклейка. Пациент на ИВЛ переведен для дальнейшего наблюдения в палату ОАРИТ.

Рентгенограммы и КТ позвоночника после хирургического лечения: прослеживается двустержневая многоопорная металлоконструкция на уровне Th5-S2-Ilium. Остаточная правосторонняя сколиотическая дуга поясничного отдела 22° по Cobb. В сагиттальной плоскости грудной кифоз не усилен, поясничный лордоз откорректирован до 52° по Cobb, задняя позвонковая линия ровная (рис. 3).

Послеоперационный период протекал гладко, без осложнений. Вертикализирован на пятые сутки после операции. Заживление послеоперационной раны первичным натяжением.

Впервые за прошедшие полтора года ребенок начал передвигаться с поддержкой на ходунках.

Результаты исследования и их обсуждение

Многокомпонентность патогенетических механизмов, неоднозначность результатов консервативного и хирургического лечения определяют необходимость мультидисциплинарного подхода и разработки протоколов ведения пациентов с нейрогенными деформациями позвоночника. Авторы отмечают, что хирургическое лечение больных с деформациями позвоночника при нейродегенеративных и нейромышечных заболеваниях сопровождается высоким уровнем осложнений и повторных вмешательств [1, 2]. Принятие хирургического решения по поводу сколиоза у пациентов с ДЦП может быть затруднено, учитывая желание максимизировать рост при минимизации побочных эффектов. Выполнение окончательного спондилодеза является жизнеспособным вариантом, который обеспечивает хорошую коррекцию, остающуюся стабильной в течение пяти лет после операции [9].

Винты S2-alar-iliac продемонстрировали благоприятные результаты с точки зрения

стабильности и осложнений, но остается вопрос о сохранении подвижного сегмента для поддержания равновесия в положении сидя, взаимодействия между бедром и позвоночником, влияния на сагиттальный баланс и проблемы с проксимальным соединением. Отмечено улучшение качества жизни у пациентов с церебральным параличом. Необходимы дальнейшие проспективные исследования или рандомизированные клинические испытания для оценки долгосрочных результатов пояснично-крестцовой фиксации, сохранения пояснично-крестцового сустава или функционального улучшения. Винты S2-alar-iliac являются безопасным и эффективным методом фиксации таза у детей с деформацией позвоночника. Результаты через ≥ 10 лет являются удовлетворительными, с низким уровнем отдаленных осложнений и отличной послеоперационной коррекцией и последующим поддержанием фронтального баланса и наклона таза с течением времени [10, 11].

Точное позиционирование опорных винтовых элементов важно при хирургической коррекции и фиксации позвоночно-тазового сегмента у детей с нейромышечными сколиозами. Интраоперационная визуализация в хирургии позвоночника используется как для определения правильного уровня, так и для безопасного размещения имплантатов. Применение робототехники в сочетании с компьютерной навигацией позволяет улучшить результаты хирургического лечения. Однако данные методики связаны с повышенной лучевой нагрузкой пациента и/или персонала, что обуславливает необходимость принятия решения об использовании любого конкретного метода визуализации во время операции на позвоночнике [4–6]. Применение системы активной оптической 3D-КТ навигации, основанной на предоперационном КТ, позволило исключить необходимость КТ-сканирования в ходе хирургического вмешательства, являясь альтернативой таким методам контроля, как O-arm и интраоперационный компьютерный томограф. Радикальная коррекция деформации позвоночника, устранение болевого синдрома и перевод ребенка из категории «колясочных пациентов» в категорию пациентов, способных к передвижению со вспомогательными средствами, положительно влияет на качество жизни и социальный статус человека [12, 13].

Заключение

Использование навигационной ассистенции, основанной на предоперационной компьютерной томографии позвоночника, позволило обеспечить корректную и безо-

пасную установку опорных элементов в позвонки, крестец и кости таза, уменьшить травматичность вмешательства, при этом снизив лучевую нагрузку на пациента и персонал операционной, что обусловило устранение лордосколиотической деформации позвоночно-тазового сегмента осевого скелета, радикальное положительное изменение локомоторного потенциала и повышение качества жизни пациента.

Список литературы

1. Прудникова О.Г., Гуца А.О., Шатина И.Н. Нейрогенные деформации позвоночника взрослых: современные проблемы и подходы к лечению // Хирургия позвоночника. 2018. № 15 (3). P. 39–51. DOI: 10.14531/ss2018.3.39-51.
2. Щурова Е.Н., Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Очирова П.В., Рябых Т.В. Современный взгляд на проблему массы тела, индекса массы тела у детей с деформацией позвоночника вследствие церебрального паралича: систематический обзор // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2020. Т. 8. № 3. С. 343–354. DOI: 10.17816/PTORS33938.
3. Sheu J., Cohen D., Sousa T., Pham K.L.D. Cerebral Palsy: Current Concepts and Practices in Musculoskeletal Care. *Pediatr Rev.* 2022. No. 43 (10). P. 572–581. DOI: 10.1542/pir.2022-005657.
4. Scott M.C., Galivanche A.R., Mets E.J., Pathak N., Khan J.B., Burroughs P.J., Varthi A.G., Rubin L.E., Grauer J.N. Patients' and Physicians' Knowledge of Radiation Exposure Related to Spine Surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020. No. 45 (22). E1507-E1515. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003650.
5. Nelson E.M., Monazzam S.M., Kim K.D., Seibert J.A., Klineberg E.O. Intraoperative fluoroscopy, portable X-ray, and CT: patient and operating room personnel radiation exposure in spinal surgery. *Spine J.* 2014. No. 14 (12). P. 2985–2991. DOI: 10.1016/j.spinee.2014.06.003.
6. Pennington Z., Cottrill E., Westbroek E.M., Goodwin M.L., Lubelski D., Ahmed A.K., Sciubba D.M. Evaluation of surgeon and patient radiation exposure by imaging technology in patients undergoing thoracolumbar fusion: systematic review of the literature. *Spine J.* 2019. No. 19 (8). P. 1397–1411. DOI: 10.1016/j.spinee.2019.04.003.
7. Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М., Мурашко В.В., Картавенко К.А., Надиров Н.Н. Хирургическое лечение детей с идиопатическим сколиозом типа LENKE I с применением тотальной транспедикулярной фиксации // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2014. Т. 2. № 2. С. 3–8.
8. Виссарионов С.В., Филиппова А.Н., Кокушин Д.Н., Мурашко В.В., Белянчиков С.М., Хусаинов Н.О. Хирургическая коррекция тяжелых форм идиопатического кифосколиоза у детей // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2019. Т. 7. Вып. 3. С. 5–14. DOI: 10.17816/PTORS735-14.
9. Howard R., Sponseller P.D., Shah S.A., Miyajiri F., Samdani A.F., Newton P.O. Harms Study Group Investigators, Yaszay B. Definitive fusion for scoliosis in late juvenile cerebral palsy patients is durable at 5 years postoperatively. *Spine Deform.* 2022. No. 10 (6). P. 1423–1428. DOI: 10.1007/s43390-022-00530-8.
10. Kim H.S., Kwon J.W., Park K.B. Clinical Issues in Indication, Correction, and Outcomes of the Surgery for Neuromuscular Scoliosis: Narrative Review in Pedicle Screw Era. *Neurospine.* 2022. No. 19 (1). P. 177–187. DOI: 10.14245/ns.2143246.623.
11. Mun F., Vankara A., Suresh K.V., Margalit A., Ke-baish K.M., Sponseller P.D. Sacral-Alar-Iliac (SAI) Fixation in Children With Spine Deformity: Minimum 10-Year Follow-Up. *J Pediatr Orthop.* 2022. No. 42 (7). P. 709-e712. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002187.
12. Зайцева М.В., Соколова В.В. Результаты субъективной оценки родителями деятельности детской неврологической службы в условиях муниципального здравоохранения // Медицина и организация здравоохранения. 2019. Т. 4. № 2. С. 30–36.
13. Соколова В.В., Зайцева М.В. Оценка заболеваемости болезнями нервной системы детского населения Ростовской области // Медицина: теория и практика. 2019. Т. 4. № 2. С. 12–18.