

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО СКОЛИОЗА: ДОСТУПЫ, ТРУДНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ

© И.И. Негм¹, В. Сараф², М.С. Саид¹

¹ Университет Танты, Танта, Египет;

² Медицинский университет Граца, Грац, Австрия

■ Для цитирования: Негм И.И., Сараф В., Саид М.С. Хирургическое лечение нервно-мышечного сколиоза: доступы, трудности и результаты // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2020. – Т. 8. – Вып. 2. – С. 137–150. <https://doi.org/10.17816/PTORS18621>

Поступила: 11.12.2019

Одобрена: 07.04.2020

Принята: 08.06.2020

Обоснование. Сколиоз часто сопутствует нервно-мышечным заболеваниям и характеризуется повышенной заболеваемостью и смертностью. Лечение нервно-мышечного сколиоза комплексное, оно предполагает скоординированную работу мультидисциплинарной команды узких специалистов и тщательный периоперационный уход. Такие консервативные методы, как использование корсета, могут отсрочить, но не заменить хирургическую коррекцию. При этом операция у этой группы пациентов связана с повышенным риском периоперационных осложнений. **Цель** — изучить клинические исходы, доступы и сложности в хирургическом лечении пациентов с нервно-мышечным сколиозом.

Материалы и методы. Ретроспективно изучены данные пациентов с нервно-мышечным сколиозом, которым в период с 2004 по 2018 г. была выполнена хирургическая коррекция сколиоза. После комплексного предоперационного обследования в исследование было включено 69 пациентов. В большинстве случаев использовали только транспедикулярную фиксацию, но в некоторых случаях применяли гибридную конструкцию. Наблюдение включало клинические исследования и радиологическую оценку с записью всех измерений и любых осложнений. Для оценки функционального состояния, удовлетворенности пациента/родителей пациента операцией проводили опрос по телефону, в этом опросе участвовали только 52 пациента.

Результаты. Средняя продолжительность наблюдения составила 43,28 мес., средний возраст на момент операции — 14,29 года. Среднее значение угла Кобба было 71,7°, при этом на момент окончательного осмотра он составлял 34,6°. Среднее значение коррекции угла Кобба — 53,25 %. Для коррекции фиксированного перегиба таза $\geq 15^\circ$ в 60,29 % случаев использована крестцово-тазовая фиксация. Осложнения развились у 39,71 % оперированных пациентов. Осложнения, связанные с органами грудной клетки, составили 36,11 % всех осложнений, связанные с металлоконструкцией — 16,67 %, висцеральные осложнения (в виде паралитической кишечной непроходимости) — 13,89 %, пролежни и заживление раны вторичным натяжением — 13,89 %, раневая инфекция — 8,33 %, осложнения со стороны центральной нервной системы (в виде эпилептического статуса) — 8,33 % и смерть — 2,78 % (у одного пациента). По результатам опроса наблюдали благоприятный функциональный исход и удовлетворение пациента/семьи проведенным лечением.

Заключение. Несмотря на периоперационные сложности, встречаемые у пациентов с нервно-мышечным сколиозом с относительно высоким риском послеоперационных заболеваемости и смертности, большинство пациентов/родителей были удовлетворены результатом хирургического лечения искривления позвоночника. Кроме того пациенты/родители рекомендовали бы операцию другим пациентам с подобным заболеванием.

Ключевые слова: нервно-мышечный сколиоз; исход; сложности.

SURGICAL MANAGEMENT OF NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS: APPROACHES, PITFALLS AND OUTCOMES

© E.E. Negm¹, V. Saraph², M. Said¹

¹ Tanta University, Tanta, Egypt;

² Medical University of Graz, Graz, Austria

■ For citation: Negm EE, Saraph V, Said M. Surgical management of neuromuscular scoliosis: approaches, pitfalls and outcomes. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2020;8(2):137-150. <https://doi.org/10.17816/PTORS18621>

Received: 11.12.2019

Revised: 07.04.2020

Accepted: 08.06.2020

Background. Scoliosis is a common problem among neuromuscular disorders with increased incidence of morbidity and mortality. The management of neuromuscular scoliosis (NMS) is complex and requires a cooperative multidisciplinary team to provide meticulous perioperative care. Conservative treatment, such as bracing, can delay but not replace surgical correction. However, surgery has the risk of higher perioperative complication rates in this patient population.

Aim. It is a retrospective study to evaluate clinical outcome, approaches, pitfalls in management of NMS patients undergoing surgical correction.

Materials and methods. We retrospectively evaluated patients with NMS who underwent surgery for scoliosis from 2004 to 2018. Sixty-eight patients were included in the study after meticulous preoperative checkup. In most cases a single-pedicle screw construct was used, but in a few others a hybrid construct was used. A follow up was performed to make a clinical and radiological assessment and recorded all measurements and any complications. A telephone questionnaire was used for functional evaluation and patient/parent satisfaction with surgery. Only 52 patients could participate in the questionnaire.

Results. The mean follow up period was 43.28 months, and the mean age at the time of surgery was 14.29 years. The mean preoperative Cobbs angle was 71.7°, while that of final follow-up was 34.6°. The mean Cobbs correction percentage was 53.25%. For correction of fixed pelvic obliquity $\geq 15^\circ$, a sacropelvic extension was done in 60.29% of cases. Complications occurred in 39.71% of operated cases; chest related in 36.11% (of all complications), hardware-related 16.67%, visceral complications (as paralytic ileus) in 13.89%, decubitus ulcer and delayed wound healing in 13.89%, deep wound infection in 8.33%, CNS complications (as status epilepticus) in 8.33%, and death in 2.78% (one case). The results of the questionnaire indicated favorable functional outcomes and patient/family satisfaction with surgery.

Conclusion. Despite the perioperative difficulties seen in patients with NMS, patients who had relatively higher postoperative morbidity and mortality, most patients/parents were satisfied with the results of the spinal deformity surgery. The patients/parents would recommend surgery to other patients with similar disorders.

Keywords: neuromuscular scoliosis; outcome; pitfalls.

Нервно-мышечные заболевания представляют собой многообразную группу поражений неврологического (верхний двигательный нейрон или нижний двигательный нейрон) или мышечного (миопатии) характера [1–3]. При данных заболеваниях отмечается высокая частота развития сколиоза, которая составляет 25–100 % в зависимости от типа основного заболевания [4].

Отличие нервно-мышечного сколиоза (НМС) от юношеского идиопатического сколиоза (ЮИС) заключается в том, что НМС обычно прогрессирует даже после наступления костной зрелости, во многих случаях развивается выраженный груднопоясничный кифоз, который сочетается с выраженным тазовым перекосом и вовлечением крестца как части позвоночной дуги [2, 5].

Деформации позвоночника у пациентов с нервно-мышечными заболеваниями сопровождаются поражением многих систем органов, что усложняет ведение этих пациентов и обуславливает необходимость в междисциплинарном взаимодействии. Часто отмечается сопутствующая ортопедическая патология, например контрактуры и деформации тазобедренных, коленных и голеностопных суставов. Сложными последствиями нервно-мышечных заболеваний являются урологические функциональные нарушения, потеря чувствительности кожи, пролежни, оценку и лечение которых осуществляют хирурги узких специальностей. Диагностику многих нервно-мышечных заболеваний могут осложнять задержка

развития когнитивных функций, судороги, гидроцефалия и незначительные нарушения психических функций. Трудности, связанные с кормлением, неполноценное питание и сердечно-легочная недостаточность представляют особенно важные факторы в предоперационной оценке пациентов с деформацией позвоночника, поскольку у этих пациентов они ассоциированы с послеоперационными осложнениями. В связи с этим для полной диагностики пациентов с нервно-мышечным поражением позвоночника необходим мультидисциплинарный подход [4].

Консервативное лечение, например ношение корсета, может отсрочить, но не исключить необходимость коррекционной операции. Из консервативных методов наиболее часто используют корсет, различные модификации инвалидных кресел, лечебную физкультуру, вспомогательные средства и системно глюкокортикоиды при болезни Дюшенна, но их эффективность в отношении прогрессирования НМС не доказана [6].

Хирургическая стабилизация НМС служит основным методом лечения в большинстве случаев явного прогрессирования и при неэффективности консервативных методов. Хирургическое лечение НМС сложнее, чем при ЮИС, поскольку у пациентов с НМС во многих случаях ослаблено здоровье, плохой нутритивный статус, плохое состояние костей, а также нарушены сердечная и дыхательная функции. Более того, при НМС операция продолжается дольше, так как может

включать в себя вмешательство на костях таза, и сопряжена с повышенной кровопотерей [6–8]. Основная цель операции заключается в стабилизации позвоночника в сагиттальной и коронарной плоскостях над уровнем таза.

Разработаны методы фиксации груднопоясничного отдела позвоночника, но в последнее время предпочтение отдают транспедикулярной фиксации, когда это возможно. Часто устанавливают гибридные конструкции, подразумевающие применение грудных крючков или субламинарной проволоки/ленты, вместе с транспедикулярными винтами в грудные и поясничные позвонки с адекватным диаметром ножки [6, 9, 10].

В ряде исследований, посвященных изучению удовлетворенности пациента/семьи результатами операции и исходом хирургического лечения, отмечена сложность в определении функционального эффекта, особенно у пациентов с наиболее тяжелым поражением [11–13].

Целью данного исследования был ретроспективный анализ данных пациентов, которым выполняли хирургическую коррекцию НМС, и записей об оперативных доступах о степени пред- и послеоперационной коррекции, сложностях во время лечения, исходах операции. Учитывали также удовлетворенность пациентов и родителей результатами операции с помощью опроса по телефону.

Материалы и методы

Выполнен ретроспективный анализ пациентов с НМС, прошедших хирургическую коррекцию сколиотической деформации в отделении детской ортопедии Медицинского университета Граца (Австрия) с помощью данных базы госпитального регистра за период с 2004 по 2008 г.

Изучены медицинские записи и рентгенограммы 95 пациентов с НМС, которым была выполнена операция на сегментах позвоночника. После исключения пациентов с неполными записями ($n = 15$), пациентов со сроками наблюдения менее одного года ($n = 12$) в изучаемую группу были включены 68 больных. Из них только 52 (76,47 %) заполнили опросник. Все операции были выполнены одним ведущим автором. Были оценены рентгенограммы, изучены данные опросников, биомедицинский статистический анализ проведен независимыми наблюдателями. Все пациенты дали информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения:

- 1) пациенты с НМС с углом искривления $\geq 50^\circ$;
- 2) пациенты с миодистрофией Дюшенна (МДД) с углом искривления $\geq 15^\circ$;

- 3) пациенты с НМС с углом прогрессирующего искривления $\geq 30^\circ$ с сердечно-легочными нарушениями вследствие деформации позвоночника, подходящие для хирургического лечения;
- 4) все пациенты должны были хорошо ориентироваться в пространстве и быть контактными. Критерии исключения:

- 1) все пациенты, не подходящие для хирургического лечения;
- 2) семьи или пациенты, отказывающиеся от хирургического лечения.

При МДД после потери возможности двигаться сколиоз быстро прогрессирует, быстро ухудшается сердечно-легочная функция, поэтому выполнение хирургической коррекции сколиотической деформации рекомендовано в более ранние сроки, когда уровень сердечно-легочных функций оптимальный [14].

Пациенты находились в стационаре в течение 4–5 сут для завершения исследования (предоперационная оценка). Детям с подозрением на респираторные нарушения в ночное время, особенно при ДМД и спинальной мышечной атрофии, проводили кардиологическое исследование (эхокардиографию), пульмонологическое исследование, включающее оценку функции внешнего дыхания с рентгенографией органов грудной клетки, выполняли анализ газового состава артериальной крови, рутинные предоперационные лабораторные анализы, в том числе клинический анализ крови, определение показателей функции печени и почек, протромбинового времени и активности, недостаточности специфических факторов свертывания при наличии показаний, клинический анализ мочи с посевом на флору и определением чувствительности к антибиотикам, исследования на гастроэзофагеальный рефлюкс и глотательные тесты при подозрении на нарушения, оценивали нутритивный статус и проводили полисомнографию.

Для измерения величины искривления грудного кифоза, поясничного лордоза и степени тазового перекоса выполняли обзорную рентгенографию всего позвоночника и костей таза в переднезадней проекции в положении стоя или в заднепередней проекции в положении сидя у неходячих пациентов и в боковых проекциях. Кроме того, для оценки гибкости дуги с целью определения уровней установки конструкций и спондиллодеза проводили рентгенографию с функциональными пробами на сгибание и вытяжение позвоночника, для установления костного возраста и оставшихся очагов роста осуществляли рентгенографию кистей рук.

Пациент, родители и/или законные представители, врачи лечебной физкультуры и ухаживающие

за пациентом были проинформированы о показаниях, операции, целях хирургического лечения, пред- и послеоперационных процедурах и рисках осложнений на каждом этапе лечения.

Нейромониторинг — методики SSEP (от англ. somatosensory evoked potentials — соматосенсорные вызванные потенциалы) и МЕР (от англ. motor evoked potentials — моторные вызванные потенциалы) применяли, когда пациент был способен к двигательной активности, при сохранности активных движений или чувствительности в нижних конечностях или при отсутствии недержания мочи и кала.

В большинстве случаев, когда было достаточно только заднего спондилодеза, использовали задний доступ к груднопоясничному отделу позвоночника. Показанием к комбинированному переднезаднему доступу были тяжелые ригидные деформации с значением угла Кобба более 90° . В этих случаях операцию выполняли в два этапа. Начинали с переднего доступа, открытого или торакоскопического, при этом переднюю мобилизацию и дискотомии без использования конструкций выполняли с помощью торакального хирурга с последующим гало-вытяжением. Через 10–14 сут после первой операции осуществляли задний спондилодез и установку конструкций. Это понадобилось в 3 (4,41 %) случаях.

Сначала у всех пациентов была предпринята попытка установки только транспедикулярного винта. В 5 (7,35 %) случаях размер ножек был слишком маленьким для установки винтов, в связи с чем использованы гибридные конструкции с применением крюков (через поперечный отросток или ламинарных) на проксимальные грудные

позвонки и транспедикулярные винты для остальных позвонков.

Расширение фиксации на кости таза различными методами было необходимо при фиксированном перекосе таза $\geq 15^\circ$: в большинстве случаев (60,29 % из 68 оперированных пациентов) устанавливали крестцово-подвздошные винты или продлевали спондилодез на первый крестцовый сегмент.

Послеоперационное лечение начинали сразу, как только пациента переводили в отделение интенсивной терапии (ОИТ). От искусственной вентиляции легких отключали на 2–4-е сутки после операции, когда все параметры были стабильны. Парентеральное введение антибиотиков широкого спектра действия (цефалоспорины III поколения + ампициллин + сульбактам в дозе 50 мг/кг в день) проводили в течение 5–7 сут после операции. Перевод ребенка в положение сидя и ходьбу с поддержкой осуществляли с участием врачей лечебной физкультуры. Наряду с лечебной физкультурой регулярно обучали ежедневным навыкам питания, самообслуживания, уходу и лечению самостоятельно или с помощью родителей или персонала.

Пациенты посещали амбулаторную клинику каждые 3 мес. в течение первого года, затем каждые 6 мес. во второй год и раз в год в следующие 2 года. Оценивали клинические и рентгенологические параметры с измерением угла Кобба, тазового перекоса, грудного кифоза, поясничного лордоза и при наличии груднопоясничного кифоза. Проверяли спондилодез, отмечали наличие поломок или расшатывание металлоконструкций. На рис. 1 и 2 показан клинический пример

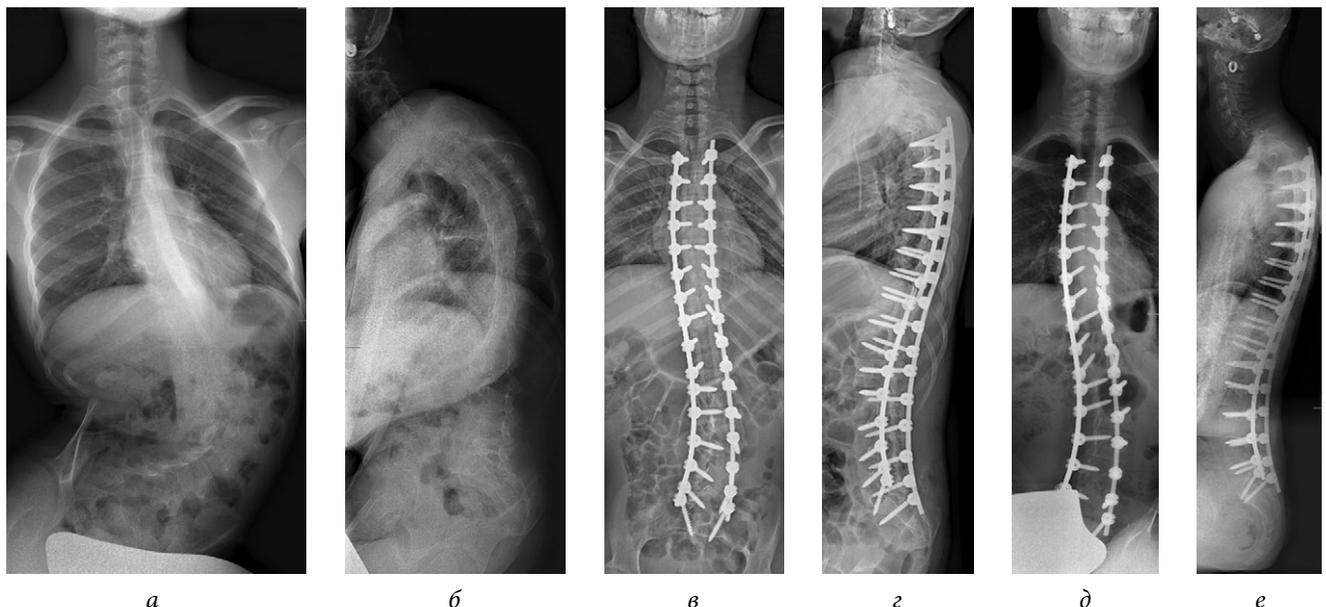


Рис. 1. Рентгенограммы, выполненные до операции (а, б), сразу после операции (в, г) и последний раз после операции (д, е) в заднепередней и боковой проекциях



Рис. 2. Фотографии пациента до операции (а, б) и после операции (в, г)

с предоперационными и послеоперационными рентгенологическими и клиническими данными.

С учетом сложностей, с которыми сталкиваются пациенты после операции, опросник был модифицирован с целью оценки функциональной ежедневной активности и удовлетворенности результатами операции [11, 12]. Ответы на все пункты по функциональной активности были ранжированы по шкале от 1 (хорошо) до 5 (плохо) (как в системе балльных оценок в образовании в Австрии, для лучшего понимания и оценки ответов пациента), а в части удовлетворенности операцией — на 1 (да), 2 (может быть) или 3 (нет). Опрос проводили по телефону секретари отделения детской ортопедии, вопросы были объяснены пациентам и их семьям. Модификация исходного опросника заключалась в следующем: во-первых, обратная шкала оценки (1 — плохо и 5 — хорошо), а во-вторых, проведение опроса по телефону для большего охвата пациентов.

Средний период наблюдения составил 43,28 (12–136) мес. Основной патологией, ставшей причиной развития НМС, был детский церебральный паралич (ДЦП) (53 %), далее следовали МДД (15 %), спинальная мышечная атрофия (7 %) и миеломенингоцеле (6 %), как представлено на рис. 3.

Результаты

Только 11 пациентов (16 %) были подвижны, в то время как остальные передвигались в инвалидном кресле. В табл. 1 представлены демографические данные, пред- и послеоперационные параметры всех пациентов.

Анализ длительности нахождения в ОИТ показал, что 19 из 67 оперированных пациентов (28,4 %) находились в ОИТ более 5 сут.

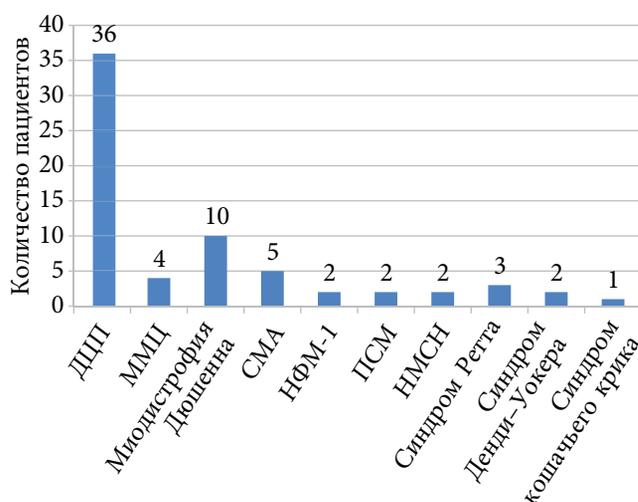


Рис. 3. Нейромышечная патология у оперированных пациентов: ДЦП — детский церебральный паралич; ММЦ — миеломенингоцеле; СМА — спинальная мышечная атрофия; НФМ-1 — нейрофиброматоз 1-го типа; ПСМ — повреждение спинного мозга; НМСН — наследственная моторно-сенсорная нейропатия

У 6 пациентов (31,6 %) из них отмечены ранние послеоперационные осложнения, потребовавшие лечения в ОИТ, в то время как у 12 пациентов (63,2 %) осложнений не было.

Длительность операции определяли от хирургического разреза до ушивания кожи. Установлена положительная корреляция между продолжительностью операции и числом фиксированных сегментов и значением угла Кобба до операции. Корреляционные значения составили 0,29 и 0,30 соответственно.

У многих оперированных больных (58,82 %) было одно ассоциированное соматическое заболевание или более. Гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь (ГЭРБ) была самым частым сопутствующим заболеванием (36,76 %), затем следовала эпилепсия (30,4 %). Реже встречались заболевания

Таблица 1

Краткая характеристика всех пациентов по демографическим данным и периоперационным параметрам

Параметр	Значение
Средний возраст на момент операции, лет	14,29 (8–20)
Женский пол, %	52,94
Доля пациентов, способных передвигаться, %	16,18
Средняя продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии, сут	5,39 (1–22)
Средняя продолжительность операции, ч	7,62 (4–10,33)
Доля ассоциированных соматических заболеваний, %	58,82
Доля ассоциированной ортопедической патологии, %	67,65
Доля ассоциированной нестабильности тазобедренных суставов, %	39,71
Среднее значение угла Кобба до операции, град.	71,7 (16–137)
Среднее значение угла Кобба сразу после операции, град.	29 (4–72)
Среднее конечное значение угла Кобба после операции, град.	34,6 (6–95)
Среднее абсолютное значение коррекции угла Кобба, град.	37,5 (от –15 до 112)
Среднее относительное значение коррекции угла Кобба, %	53,25 (от –18,75 до 100)
Среднее значение конечной потери фронтальной коррекции, град.	5 (от –4 до 34)
Среднее значение перекоса таза до операции, град.	12,37 (0–38)
Среднее значение перекоса таза сразу после операции, град.	6,67 (0–34)
Среднее конечное значение перекоса таза после операции, град.	8,25 (0–28)
Среднее абсолютное значение коррекции перекоса таза, град.	4,24 (от –23 до 31)
Среднее относительное значение коррекции перекоса таза, %	21,7 (от –460 до 100)
Среднее значение конечной потери коррекции перекоса таза, град.	1,58 (от –6 до 16)
Среднее значение грудного кифоза до операции, град.	36,15 (0–106)
Среднее значение грудного кифоза сразу после операции, град.	31,88 (15–55)
Среднее конечное значение грудного кифоза после операции, град.	23,48 (16–56)
Среднее значение поясничного лордоза до операции, град.	40,29 (от –30 до 104)
Среднее значение поясничного лордоза сразу после операции, град.	46 (15–80)
Среднее конечное значение поясничного лордоза после операции, град.	46,9 (15–84)
Частота ассоциированного груднопоясничного кифоза до операции, %	33,82
Среднее значение груднопоясничного кифоза до операции, град.	48,22 (25–114)
Среднее конечное значение груднопоясничного угла после операции, град.	2,74 (0–15)
Среднее количество фиксированных сегментов/уровней	14,87 (8–18)
Доля пациентов, которым выполнена крестцово-тазовая фиксация, %	60,29

сердца и легких, гидроцефалия, эндокринные нарушения и нарушения зрения.

У большинства пациентов с НМС (67,65 %) было одно ассоциированное ортопедическое заболевание или более. Деформации стоп (паралитическая косолапость, стойкая эквинусная деформация стопы, плано-вальгусная и каво-варусная деформации) составляли 47,7 % сопутствующей ортопедической патологии. Реже наблюдались гибательные деформации колена и бедра. У многих оперированных пациентов с НМС (39,71 %) зарегистрирована односторонняя или двусторонняя нестабильность тазобедренного сустава. До

или после хирургического лечения сколиоза были выполнены операции на тазу по поводу симптоматической нестабильности тазобедренного сустава, такие как рассечение или удлинение мягких тканей, остеотомии костей таза, деротационные варусные остеотомии бедренной кости или резекция головки бедренной кости в рамках паллиативного лечения.

У 39,71 % оперированных пациентов (27 из 68) развились следующие осложнения (рис. 4).

1. Осложнения, связанные с органами грудной клетки (пневмония, бронхопневмония, ателектаз легкого, плевральный выпот и гемоторакс),

отмечены у 13 пациентов (36,11 % всех осложнений). Все осложнения развивались в раннем послеоперационном периоде: 54 % осложнений вели консервативно путем наблюдения, назначения антибиотиков (бактериальная пневмония или бронхопневмония) и противоотечных лекарственных препаратов (при плевральном выпоте), в 46 % случаях были проведены инвазивные вмешательства — дренирование плевральной полости в четырех случаях (один гемоторакс и три напряженных экссудативных плеврита, не отвечающих на консервативное лечение) или бронхоскопия и лаваж в двух случаях (один случай аспирационной пневмонии и один случай ателектаза легкого). Плевральный выпот развился в шести случаях: трех пациентов лечили консервативно, а трем другим был установлен дренаж. У двух из трех пациентов, у которых развился плевральный выпот и был установлен дренаж, осуществлен комбинированный вентральный доступ с дорсальным спондилодезом.

2. Осложнения, связанные с металлоконструкцией (феномен «коленчатого вала», формирование ложного сустава, расшатывание винтов и прогрессирование или декомпенсация сколиоза), наблюдались в 16,67 % (шесть пациентов) случаев. В четырех случаях были проведены повторные операции. В двух случаях пришлось прибегнуть к полной ревизии дорсального спондилодеза с коррекцией металлоконструкции (один случай псевдоартроза и один случай феномена «коленчатого вала»). Оба пациента были оперированы в центре Медицинского университета Граца одними из первых, и в обоих случаях была использована гибридная конструкция с крючками и транспедикулярными винтами. У одного пациента была дистальная декомпенсация поясничного изгиба, в связи с чем выполнено дистальное продление металлоконструкции для захвата поясничного изгиба, а в другом случае произошло асептическое расшатывание дистальных винтов со сращенными позвонками, по поводу чего было произведено выборочное удаление расшатанных винтов и части соединительного стержня.
3. Висцеральные осложнения развились в пяти случаях (13,89 %). У трех пациентов зарегистрированы желудочно-кишечные осложнения (у двух пациентов — паралитическая кишечная непроходимость и в одном случае — послеоперационный пилоростеноз с нарушением питания). Лечение во всех случаях было консервативным. У двух пациентов зафиксированы осложнения со стороны мочевыводящих



Рис. 4. Частота и виды послеоперационных осложнений

- путей (у одного пациента — постоянное отведение мочи, а у другого — инфекция мочевыводящих путей, которую лечили консервативно с помощью антибиотиков).
4. Пролежни и заживление вторичным натяжением отмечены у пяти пациентов (13,89 %), у четырех пациентов был пролежень над крестцом. Все зажили консервативно путем ежедневной перевязки, и все они развились в позднем послеоперационном периоде. У одного пациента было отсроченное заживление раны, и его также вели консервативно в течение 6 нед. после операции.
5. Глубокая раневая инфекция развилась у трех пациентов (8,33 %). Все случаи зарегистрированы в раннем послеоперационном периоде (в течение месяца после операции), в связи с чем были проведены одна некрэктомия или более с парентеральным введением антибиотиков в соответствии с результатами посева на флору и чувствительность к противомикробным препаратам до полного очищения от инфекции по данным клинических и лабораторных параметров. Патогенная флора была различной в трех случаях: *Propionobacterium acne*, *Staphylococcus epidermidis* и *Staphylococcus aureus*.
6. Осложнения со стороны центральной нервной системы были следующими: три осложнения (8,33 %) развились у двух пациентов — у одного пациента был эпилептический статус в послеоперационном периоде, а у другого — вирусный энцефалит и эпилептический статус. Все осложнения пришлось на ранний послеоперационный период и были пролечены консервативно.

Таблица 2

Частота послеоперационных осложнений
в зависимости от выраженности деформации

Наличие осложнений	Искривление $\geq 90^\circ$	Искривление $< 90^\circ$	Всего
Есть	9 (60 %)	18 (33,96 %)	27
Нет	6 (40 %)	35 (66,04 %)	41
Итого	15	53	68

7. Смерть зафиксирована в одном случае (2,78 % всех осложнений и 1,47 % всех пациентов). Смерть пациента произошла на операционном столе сразу после ушивания раны без явной причины и была объяснена гемодинамической нестабильностью. Данные всех интраоперационных лабораторных и рентгенологических исследований были в пределах нормы. Ультразвуковое исследование органов таза и брюшной полости, эхокардиография, рентгенография органов грудной клетки

и интраоперационные лабораторные анализы не показали значимой патологии. Несколько попыток сердечно-легочной реанимации были безуспешны.

Большую величину искривления рассматривали как косвенный показатель ригидности искривления. Мы разделили пациентов на две группы: в первую группу входили пациенты с углом искривления $< 90^\circ$, а во вторую — с углом $\geq 90^\circ$ — и определили частоту осложнений в каждой группе (табл. 2). Для проверки гипотезы о том, что ригидность кривизны повышала частоту осложнений, использовали критерий хи-квадрат — статистически значимые различия между двумя группами отсутствовали ($p = 0,0688$).

Функциональный опросник (рис. 5). Средний балл по ответам на вопрос о способности ходить составил 3,27, функции кисти рук — 2,42, во время как средние значения по другим функциям варьировали в пределах 1,12–2,08. Способность ходить не улучшилась по сравнению



Рис. 5. Обобщенные результаты ответов на первую часть опросника в зависимости от функционального статуса пациента и ежедневной активности



Рис. 6. Обобщенные результаты ответов на вторую часть опросника, относящуюся к удовлетворенности пациента/семьи результатами операции

с предоперационным статусом у неходячих пациентов и незначительно улучшилась у ходячих пациентов. В отношении функций кисти рук 12 пациентов (23 % участвовавших в опросе) сообщили об ухудшении показателей (5), у большинства из них (11 из 12) была тетраплегическая форма ДЦП и функция кисти не улучшилась по сравнению с предоперационным статусом. Большинство других функций достигли оптимальных значений и улучшились по сравнению с предоперационным статусом.

Удовлетворенность пациента/семьи результатами операции (рис. 6). Цель операции была достигнута практически у всех пациентов, также большинство из них почувствовали себя лучше

после операции. Десять пациентов (19,23 % участвовавших в опросе) сказали, что после операции ежедневный уход не улучшился. Большинство пациентов согласились бы на операцию, если бы она была вновь им предложена, и рекомендовали бы операцию другим пациентам с таким же заболеванием.

Мы провели сравнительный анализ между двумя наиболее представительными группами оперированных пациентов с ДЦП и МДД, по нескольким предоперационным и послеоперационным параметрам, по частоте встречаемости соматических и ортопедических патологий, а также послеоперационных осложнений. Результаты сравнения кратко представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Сравнительный анализ групп пациентов с детским церебральным параличом и миодистрофией Дюшенна по параметрам периоперационного исхода

Параметр	Детский церебральный паралич ($n = 36$)	Миодистрофия Дюшенна ($n = 10$)	Значение p
Средний возраст на момент операции, лет	$15 \pm 4,4$	$13 \pm 1,1$	0,187
Средняя продолжительность операции, ч	$7,66 \pm 1,47$	$6,84 \pm 0,58$	0,093
Средняя продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии после операции, сут	$6,03 \pm 4,32$	$4 \pm 1,94$	0,158
Среднее количество сращенных сегментов	$14,83 \pm 1,28$	$15,4 \pm 1,35$	0,226
Среднее значение угла Кобба до операции, град.	$78,5 \pm 18,97$	$44,3 \pm 19,33$	<0,0001*
Среднее конечное значение угла Кобба после операции, град.	$39,22 \pm 17,92$	$15,6 \pm 9,36$	0,0002*
Среднее значение коррекции угла Кобба, %	$50,52 \pm 17,51$	$63,47 \pm 16,72$	0,0425*
Средняя потеря коррекции, град.	$6,22 \pm 6,53$	$4,3 \pm 4,24$	0,3855
Среднее значение перекоса таза до операции, град.	$14,44 \pm 8,89$	$6,3 \pm 4,72$	0,0081*
Среднее значение перекоса таза после операции, град.	$10,31 \pm 6,82$	$4,5 \pm 4,62$	0,0153*
Среднее значение коррекции перекоса таза, %	$14,27 \pm 10,89$	$20,32 \pm 9,66$	0,841
Среднее значение грудопоясничного кифоза, град.	$46,54 \pm 24,87$	$44 \pm 11,44$	0,8162

Примечание. Сравнение выполнено с помощью двустороннего t -критерия для независимых выборок. * уровень статистической значимости соответствовал значению $p \leq 0,05$.

Таблица 4

Сравнительный анализ групп пациентов с детским церебральным параличом и миодистрофией Дюшенна по удельному весу ассоциированных соматических и ортопедических заболеваний и послеоперационных осложнений

Параметр	Детский церебральный паралич ($n = 36$)	Миодистрофия Дюшенна ($n = 10$)	Значение p
Удельный вес ассоциированных соматических заболеваний	Среднее — 0,722 Дисперсия — 0,2063	Среднее — 0,3 Дисперсия — 0,2333	0,01326*
Удельный вес ассоциированных ортопедических заболеваний	Среднее — 0,66667 Дисперсия — 0,2286	Среднее — 0,8 Дисперсия — 0,17778	0,39067
Удельный вес послеоперационных осложнений	Среднее — 0,38889 Дисперсия — 0,2444	Среднее — 0,1 Дисперсия — 0,1	0,04518*

Примечание. Сравнение выполнено с помощью двухвыборочного z -теста для средних. * уровень статистической значимости соответствовал значению $p \leq 0,05$.

Обсуждение

Консервативное лечение НМС, например ношение корсета, может отсрочить, но не исключить необходимость в коррекционной операции. Из консервативных методов наиболее часто используют корсет, различные модификации инвалидных кресел, лечебную физкультуру, вспомогательные средства и системно глюкокортикоиды при болезни Дюшенна, но влияние нехирургического лечения на прогрессирование НМС не доказано [3, 4]. В большинстве случаев прогрессирования НМС избежать хирургического вмешательства не удастся. Оно направлено на снижение заболеваемости и смертности, ассоциированных с деформацией позвоночника, и может быть только отсрочено за счет применения соответствующих консервативных методов [15, 16]. При этом длительная задержка операции при прогрессирующем НМС может повысить риск осложнений [3, 4, 17].

Комбинированный доступ с вентральной мобилизацией с последующим задним спондилодезом и установкой металлоконструкции на втором этапе понадобился только в трех случаях (один открытый и два торакоскопических доступа). Это были пациенты с выраженным ригидным искривлением, превышающем 90° , с хорошим предоперационным функциональным состоянием легких. Не сложилось единого мнения о том, что лучше для пациента: оперативное лечение при помощи комбинированного доступа, выполненное в один этап, или хирургическое лечение в несколько этапов [18, 19]. Tsirikos et al. [18] сделали вывод, что при лечении пациентов с НМС двухэтапный переднезадний спондилодез безопаснее и лучше одноэтапных операций — в этом случае меньше частота осложнений. Мы использовали двухэтапный подход с перерывом 10–14 сут между двумя операциями для восстановления пациента после первого вмешательства. После вентральной мобилизации выполняли гало-гравитационное вытяжение, что уменьшило выраженность искривления.

В ОИТ 28,4 % пациентов оставались более 5 сут, и примерно у трети из них были отмечены ранние послеоперационные осложнения. К схожим выводам пришли Thacker et al. [20], сообщавшие о лучших результатах и хорошем периоперационном уходе при меньшей продолжительности нахождения в ОИТ после операции.

У большинства пациентов (48,65 %), у которых длительность операции была $\geq 7,3$ ч, развились послеоперационные осложнения. При этом 72,22 % осложнений пришлось на ранний послеоперационный период. Во всех случаях глубокой раневой инфекции длительность операции составила ≥ 8 ч.

Как можно было логически предположить и как ранее сообщалось в предшествующих исследованиях [21, 22], повышенная длительность операции ассоциировалась с неблагоприятным исходом, особенно с послеоперационной раневой инфекцией, что также отражено в нашем исследовании.

Как упоминалось выше, НМС во многих случаях сопутствуют соматические заболевания. В настоящем исследовании у 58,82 % пациентов зарегистрировано одно или несколько соматических заболеваний. Наиболее часто встречался гастроэзофагеальный рефлюкс, затем следовали эпилепсия и сердечно-легочные заболевания.

Как было отмечено в предшествующих исследованиях, эпилепсия и прием противосудорожных препаратов ассоциированы с большей частотой послеоперационных легочных осложнений [23, 24]. В этом исследовании у 43 % пациентов с эпилепсией в виде соматического сопутствующего заболевания развились послеоперационные побочные эффекты со стороны легких, такие как пневмония, аспирационная пневмония, плевральный выпот или гемоторакс. Статистически значимых различий при сравнении с другими пациентами с осложнениями со стороны органов грудной полости, не страдающих от эпилепсии, не было ($p = 0,18511$).

Chidambaran et al. [25] сделали вывод, что спондилодез в случае НМС при ДЦП с ГЭРБ в качестве сопутствующего заболевания сопровождался повышенной частотой послеоперационных инфекций как в зоне операции, так и в виде инфекций органных полостей (пневмония или инфекции мочевыводящих путей). Это можно объяснить, во-первых, тем, что ГЭРБ служит предрасполагающим фактором нарушения питания и аспирационной пневмонии; во-вторых, пациенты с ГЭРБ, получающие ингибиторы H^+, K^+ -АТФазы, теряют защитный кислотный барьер в желудке, что повышает риск роста бактерий; и в-третьих, H^+, K^+ -АТФазы напрямую ингибируют ряд функций лейкоцитов и меняют качество и количество желудочно-кишечной микрофлоры [25]. В этом исследовании ГЭРБ встречалась у 36,76 % оперированных пациентов, а послеоперационная инфекция развилась у 16 % пациентов с ГЭРБ в виде сопутствующей патологии. При этом зафиксированы три случая инфекции органных полостей и только один случай глубокой раневой инфекции в зоне операции. При сравнении с пациентами с послеоперационными инфекциями без ГЭРБ разница была также статистически недостоверна ($p = 0,680699$).

Относительно коррекции угла Кобба предшествующие исследования показали различные хорошие результаты как при спастической форме

ДЦП или мышечной слабости, так и при МДД. Bohtz et al. [25] изучали НМС при ДЦП. По данным авторов, значение угла Кобба до операции составило $78,6^\circ$ ($50-120^\circ$), а среднее значение коррекции — $64,3\%$ (среднее конечное значение угла Кобба — 28°). Похожие результаты продемонстрировали Suk et al. [26] при исследовании НМС в группе пациентов с МДД, спинальной мышечной атрофией и различными мышечными дистрофиями. По их данным, среднее значение угла Кобба до операции составило $61,5^\circ$, а после операции — 39° . В другое недавнее исследование с меньшей степенью коррекции, выполненное Nordon et al. [11], вошли пациенты с различными нервно-мышечными заболеваниями, в основном ДЦП (55 % пациентов). Среднее значение угла Кобба до операции было $78,8^\circ$, после операции — $44,6^\circ$, среднее значение коррекции составило $34,2^\circ$.

В настоящем исследовании среднее значение угла Кобба до операции было $71,7^\circ$, в то время как среднее значение сразу после операции равнялось 29° , среднее окончательное значение — $34,6^\circ$, среднее значение коррекции — $53,25\%$, среднее конечное значение потери коррекции — 5° . В отношении перекоса таза не было получено значимых различий. Среднее значение перекоса таза до операции составило $12,37^\circ$, сразу после операции — $6,67^\circ$, среднее конечное значение после операции — $8,25^\circ$, среднее конечное значение потери коррекции — $1,58^\circ$. В отношении грудного кифоза и поясничного лордоза получены схожие результаты без существенных различий.

Деформации в сагиттальной плоскости, особенно грудопоясничный кифоз, выступают неоспоримыми факторами риска псевдоартроза. При этом, по данным литературы, относительный риск варьирует в пределах от 2,7 до 3,6 при выраженности грудопоясничного кифоза 20° [27].

Частота грудопоясничного кифоза у оперированных пациентов составила 34 %. Среднее значение угла до операции было $48,22^\circ$. Практически у всех пациентов удалось достичь физиологических значений со средней конечной величиной угла $2,74^\circ$. Во всех случаях грудопоясничного кифоза ассоциированного псевдоартроза выявлено не было, и только у одного пациента развилось септическое расшатывание первого крестцового винта.

Лечение НМС с установкой только транспедикулярных винтов, исключая необходимость дополнительной передней мобилизации и, следовательно, хирургический риск, получает все большее распространение [28]. По сравнению с другими видами имплантатов, такими как крюки или субламинарные проволоки, транспедикулярные винты позволяют добиться улучшенного сцепления

с формированием трехстолбчатой структуры и получить удлиненное плечо силы благодаря анатомической локализации транспедикулярного винта [29].

В настоящем исследовании мы применяли два вида инструментария. Основной инструментарий состоял только из транспедикулярной металлоконструкции, гибридные конструкции (крюки для грудных позвонков + транспедикулярные винты) использовали реже. Гибридные конструкции были применены у 7,35 % пациентов, в то время как у остальных установлены только транспедикулярные винты. В двух случаях с гибридной металлоконструкцией (40 %) развились ложные суставы и феномен «карданного вала», в связи с чем пришлось выполнить полную ревизию с установкой только транспедикулярных винтов. У других двух пациентов с гибридной металлоконструкцией развились гемоторакс и плевральный выпот, по поводу чего был установлен дренаж в плевральную полость.

При анализе осложнений было выявлено, что НМС ассоциирован с большей длительностью нахождения в стационаре и увеличением смертности в 5 раз. У пациентов с НМС риск потери половины объема циркулирующей крови во время операции в 7 раз выше, чем при ЮИС [30–32]. По данным литературы, частота послеоперационных осложнений после хирургической коррекции НМС варьирует в пределах 18–75 %. В метаанализе 15 218 пациентов с НМС, выполненном Sharma et al. [20], представлена следующая структура осложнений: 22,7 % — легочные, 12,5 % — связанные с имплантатами (в основном удаление, ревизия или расширение металлоконструкции), 10,9 % — инфекции, 3,0 % — неврологические осложнения и 1,9 % — псевдоартроз. Хорошее знание послеоперационных осложнений позволит хирургу предвидеть возможные проблемы, предотвращать, своевременно выявлять и проводить адекватное лечение [20].

Для описания и классификации послеоперационных осложнений существует несколько способов. Один популярный способ характеристики осложнений основан на сроках возникновения осложнения: интраоперационные, ранние и поздние послеоперационные. Другая классификация базируется на категориях осложнений: инфекционные (в зоне операции или органных полостей), связанные с металлоконструкцией, органами грудной полости, заживлением раны, висцеральные осложнения и т. д. Большинство авторов сообщают только об осложнениях, которые влияют на исход лечения пациента, и пропускают те, что не привели к ухудшению, повторной операции и не отразились на конечном результате [21].

В настоящем исследовании мы регистрировали любое нежелательное явление и классифицировали осложнения как тяжелые (которые привели к повторной операции), средней тяжести (вызвавшие минимальные вмешательства, например, проведение бронхоскопии или установку плеврального дренажа) и малые (на которые можно воздействовать консервативными методами). Всего зафиксировано 36 осложнений у 27 пациентов. Большие осложнения развились у 8 пациентов (11,76 %), в том числе три глубокие раневые инфекции (4,4 %), в связи с чем была выполнена некрэктомия, и одна смерть (1,47 %). В двух случаях возникли осложнения, связанные с металлоконструкцией (2,94 %): одна дистальная декомпенсация, по поводу которой проведено дистальное расширение дорсального спондилодеза, и одно дистальное расшатывание винтов, потребовавшее их частичного удаления. У одного пациента развился ложный сустав (1,47 %), и у одного пациента наблюдался феномен «карданного вала» (1,47 %). В обоих случаях понадобилась полная ревизия дорсального спондилодеза с установкой металлоконструкции. Все большие осложнения, за исключением смерти, были адекватно пролечены хирургическими методами, исход у этих пациентов не ухудшился.

Осложнения средней тяжести отмечены у 7 пациентов (10,29 %): в шести случаях (8,82 %) развились осложнения со стороны органов грудной клетки в виде плеврального выпота и гемоторакса, приведшие к установке плеврального дренажа, и ателектаза легкого с аспирационной пневмонией, в связи с чем был выполнен бронхоскопический лаваж, и в одном случае (1,47 %) была задержка мочеиспускания, что вызвало необходимость в постоянном отведении мочи. Все случаи осложнений были адекватно пролечены с помощью соответствующих вмешательств, и это не повлияло на исход. В группе малых осложнений у 10 пациентов (14,71 %) зарегистрировано 19 осложнений: пять случаев инфекции органов полости (пневмония и энцефалит), три случая висцеральных осложнений (паралитическая непроходимость кишечника и пилоростеноз), три случая пролежней, два случая плеврального выпота, два случая небольшого асептического расшатывания дистальных винтов, два случая эпилептического статуса и один случай вторичного заживления раны. Все осложнения были адекватно пролечены консервативными методами без ухудшения исходов.

В нескольких исследованиях изучали удовлетворенность пациента и родителей результатами операции по коррекции сколиоза при НМС и качество жизни таких пациентов. Большинство исследователей сообщили о выраженном

улучшении качества жизни, связанного со здоровьем. Nordon et al. [11] изучали корреляцию между степенью коррекции НМС и качеством жизни пациента и сделали вывод, что удовлетворенность пациента после операции не зависела от степени коррекции деформации. Они также сообщили, что несоответствие между удовлетворенностью и реализацией ожиданий может быть обусловлено первоначально несбыточными желаниями или непониманием главной цели операции.

В этом исследовании наши данные по удовлетворенности пациента результатами операции и качеству жизни, связанному со здоровьем, после хирургической коррекции НМС были сходны с данными предшествующих исследований. Почти все пациенты думают, что цель операции была достигнута. Большинство из них также считают, что активность после операции улучшилась. Они решились бы на операцию, если бы снова могли выбирать, и рекомендовали бы операцию другим пациентам с такими же заболеваниями. Даже те пациенты, которые отрицательно отзывались о некоторых видах ежедневной активности, сообщили, что не отметили ухудшения после операции и что эти виды активности не могли быть осуществлены до хирургической коррекции НМС.

Сравнение пациентов из групп ДЦП и МДД (обе группы включали 67,65 % оперированных пациентов) показало некоторые статистически значимые различия в отношении величин угла Кобба и перекоса таза до и после операции. Это можно объяснить различиями между значениями угла Кобба до операции в обеих группах, так как мы включали пациентов с НМС вследствие ДЦП при угле Кобба более 50°, а в группе МДД — более 15°. В отношении удельного веса ассоциированных соматических заболеваний и послеоперационных осложнений также существовали статистически значимые различия. Расхождения в частоте осложнений можно было бы объяснить выраженными различиями в степени искривления до операции, степени перекоса таза и в ассоциированных соматических заболеваниях.

Одно из ограничений этого исследования заключалось в том, что оно включало гетерогенные группы пациентов с различными патологиями, спастическими или паралитическими поражениями, которые протекают и отвечают на лечение по-разному относительно скорости прогрессирования искривления, и с различными сопутствующими заболеваниями. Однако это ограничение было нивелировано стандартизацией протокола лечения, показаний к коррекции сколиоза, одинаковой основной целью операции (ограничение прогрессирования искривления и создание сбалансирован-

ного спондилодеза над уровнем таза), а также тем, что всех пациентов оперировал один ведущий хирург с помощью одних и тех же методик и подходов.

Заключение

Сколиоз представляет собой серьезную проблему в ряду нейромышечных заболеваний. Для лечения сколиоза необходимы комплексный подход в связи с наличием сопутствующих заболеваний и координированная работа мультидисциплинарной бригады.

Операция по поводу НМС сложна для исполнения и ассоциирована с большим количеством периоперационных и послеоперационных осложнений (развились у 40 % исследуемых пациентов).

Несмотря на повышенную заболеваемость и риск смерти, получен оптимальный функциональный результат: пациент/семья удовлетворены операцией и рекомендовали бы ее другим пациентам с такими же заболеваниями.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Ни грант, ни финансовая помощь не были получены во время этого исследования или процесса его публикации от каких-либо коммерческих или правительственных комитетов.

Конфликт интересов. Отсутствуют какие-либо конфликты интересов, о которых могли бы заявить авторы.

Этическая экспертиза. Рукопись была одобрена комитетом по этике исследований медицинского факультета Университета Танга для проведения исследований и публикации с кодом одобрения 30679/12/15 от 05/01/2016. Все пациенты или их представители дали информированное согласие на проведение исследования и публикацию полученных данных, а одобрение этического комитета включало образец согласительного документа.

Вклад авторов

И.И. Негм — автор-корреспондент, написание рукописи, оценка рентгенологических данных пациентов, оценка анкеты и проведение статистического анализа данных.

В. Сараф — проведение всех операций, ревизия рукописи.

М.С. Саид — участие в радиологических исследованиях, написание и пересмотр рукописи, оценка анкеты.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Благодарности. Особая благодарность доктору Герхардту Штайнвендеру, профессору и заведующему педиатрическим ортопедическим отделением кафедры детской хирургии Медицинского университета Граца, Австрия, профессору д-ру Мамдуху Лашину и профессору д-ру Мостафе Аюбу, профессорам ортопедической хирургии медицинского факультета Университета Танга, Египет, за их поддержку в завершении этой работы.

Литература

- Vialle R, Thevenin-Lemoine C, Mary P. Neuromuscular scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(1 Suppl):S124-139. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2012.11.002>.
- McCarthy RE. Management of neuromuscular scoliosis. *Orthop Clin North Am.* 1999;30(3):435-449, viii. [https://doi.org/10.1016/s0030-5898\(05\)70096-1](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(05)70096-1).
- Allam AM, Schwabe AL. Neuromuscular scoliosis. *PMR.* 2013;5(11):957-963. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.05.015>.
- Berven S, Bradford DS. Neuromuscular scoliosis: causes of deformity and principles for evaluation and management. *Semin Neurol.* 2002;22(2):167-178. <https://doi.org/10.1055/s-2002-36540>.
- Halawi MJ, Lark RK, Fitch RD. Neuromuscular scoliosis: current concepts. *Orthopedics.* 2015;38(6):e452-456. <https://doi.org/10.3928/01477447-20150603-50>.
- Brooks JT, Sponseller PD. What's new in the management of neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(6):627-633. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000497>.
- Lebel DE, Corston JA, McAdam LC, et al. Glucocorticoid treatment for the prevention of scoliosis in children with Duchenne muscular dystrophy: long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(12):1057-1061. <https://doi.org/10.2106/JBJS.L.01577>.
- Tokala DP, Lam KS, Freeman BJ, Webb JK. Is there a role for selective anterior instrumentation in neuromuscular scoliosis? *Eur Spine J.* 2007;16(1):91-96. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0105-0>.
- Mattila M, Jalanko T, Puisto V, et al. Hybrid versus total pedicle screw instrumentation in patients undergoing surgery for neuromuscular scoliosis: a comparative study with matched cohorts. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94(10):1393-1398. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.94B10.29383>.
- Sarwark J, Sarwahi V. New strategies and decision making in the management of neuromuscular scoliosis. *Orthop Clin North Am.* 2007;38(4):485-496, v. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2007.07.001>.
- Nordon DG, Lugao AF, Machado LC, et al. Correlation between the degree of correction of neuromuscular scoliosis and patient quality of life. *Clinics.* 2017;72(2):71-80. [https://doi.org/10.6061/clinics/2017\(02\)02](https://doi.org/10.6061/clinics/2017(02)02).
- Wimmer C, Wallnofer P, Walochnik N, et al. Comparative evaluation of luque and isola instrumentation for treatment of neuromuscular scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;439:181-192. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000173252.95130.cb>.
- Bowen RE, Abel MF, Arlet V, et al. Outcome assessment in neuromuscular spinal deformity. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(8):792-798. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318273ab5a>.

14. Karol LA. Scoliosis in patients with Duchenne muscular dystrophy. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89 Suppl 1:155-162. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00506>.
15. Kotwicki T, Jozwiak M. Conservative management of neuromuscular scoliosis: personal experience and review of literature. *Disabil Rehabil.* 2008;30(10):792-798. <https://doi.org/10.1080/09638280801889584>.
16. Kotwicki T, Durmala J, Czubak J. Bracing for neuromuscular scoliosis: orthosis construction to improve the patient's function. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2008;3(3):161-169. <https://doi.org/10.1080/17483100801905900>.
17. Weinstein SL. The pediatric spine: principles and practice. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
18. Tsirikos AI, Chang WN, Dabney KW, Miller F. Comparison of one-stage versus two-stage anteroposterior spinal fusion in pediatric patients with cerebral palsy and neuromuscular scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28(12):1300-1305. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000065572.10824.AB>.
19. Hopf CG, Eysel P. One-stage versus two-stage spinal fusion in neuromuscular scolioses. *J Pediatr Orthop B.* 2000;9(4):234-243. <https://doi.org/10.1097/01202412-200010000-00005>.
20. Thacker M, Hui JH, Wong HK, et al. Spinal fusion and instrumentation for paediatric neuromuscular scoliosis: retrospective review. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2002;10(2):144-151. <https://doi.org/10.1177/230949900201000207>.
21. Sharma S, Wu C, Andersen T, et al. Prevalence of complications in neuromuscular scoliosis surgery: a literature meta-analysis from the past 15 years. *Eur Spine J.* 2013;22(6):1230-1249. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2542-2>.
22. Turturro F, Montanaro A, Calderaro C, et al. Rate of complications due to neuromuscular scoliosis spine surgery in a 30-years consecutive series. *Eur Spine J.* 2017;26(Suppl 4):539-545. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5034-6>.
23. Tsirikos AI, Chang WN, Dabney KW, et al. Life expectancy in pediatric patients with cerebral palsy and neuromuscular scoliosis who underwent spinal fusion. *Dev Med Child Neurol.* 2003;45(10):677-682. <https://doi.org/10.1017/s0012162203001269>.
24. Mohamad F, Parent S, Pawelek J, et al. Perioperative complications after surgical correction in neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(4):392-397. <https://doi.org/10.1097/01.bpb.0000271321.10869.98>.
25. Chidambaran V, Gentry C, Ajuba-Iwuji C, et al. A retrospective identification of gastroesophageal reflux disease as a new risk factor for surgical site infection in cerebral palsy patients after spine surgery. *Anesth Analg.* 2013;117(1):162-168. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e318290c542>.
26. Bohtz C, Meyer-Heim A, Min K. Changes in health-related quality of life after spinal fusion and scoliosis correction in patients with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 2011;31(6):668-673. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318221093c>.
27. Suk KS, Baek JH, Park JO, et al. Postoperative quality of life in patients with progressive neuromuscular scoliosis and their parents. *Spine J.* 2015;15(3):446-453. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.09.030>.
28. How NE, Street JT, Dvorak MF, et al. Pseudarthrosis in adult and pediatric spinal deformity surgery: a systematic review of the literature and meta-analysis of incidence, characteristics, and risk factors. *Neurosurg Rev.* 2019;42(2):319-336. <https://doi.org/10.1007/s10143-018-0951-3>.
29. Modi HN, Suh SW, Song HR, et al. Treatment of neuromuscular scoliosis with posterior-only pedicle screw fixation. *J Orthop Surg Res.* 2008;3:23. <https://doi.org/10.1186/1749-799X-3-23>.
30. Lowenstein JE, Matsumoto H, Vitale MG, et al. Coronal and sagittal plane correction in adolescent idiopathic scoliosis: a comparison between all pedicle screw versus hybrid thoracic hook lumbar screw constructs. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(4):448-452. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000255030.78293.fd>.
31. Murphy NA, Firth S, Jorgensen T, Young PC. Spinal surgery in children with idiopathic and neuromuscular scoliosis. What's the difference? *J Pediatr Orthop.* 2006;26(2):216-220. <https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000206516.61706.6e>.
32. Hod-Feins R, Abu-Kishk I, Eshel G, et al. Risk factors affecting the immediate postoperative course in pediatric scoliosis surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(21):2355-2360. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181558393>.
33. Master DL, Son-Hing JP, Poe-Kochert C, et al. Risk factors for major complications after surgery for neuromuscular scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(7):564-571. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181e193e9>.
34. Suk KS, Lee BH, Lee HM, et al. Functional outcomes in Duchenne muscular dystrophy scoliosis: comparison of the differences between surgical and nonsurgical treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(5):409-415. <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.00777>.

Сведения об авторах

Ильсайд И. Негм* — MD, младший преподаватель кафедры ортопедии медицинского факультета, Университет Танты, Танта, Египет. <https://orcid.org/0000-0003-4021-1585>. E-mail: elsayed.negm@med.tanta.edu.eg, drsayednegm@gmail.com.

Винай Сараф — MD, старший консультант отделения детской ортопедии кафедры детской хирургии, Медицинский университет Граца, Грац, Австрия. <https://orcid.org/0000-0003-0863-9792>. E-mail: vinay.saraph@meduni-graz.at.

Мохамед С. Саид — MD, профессор и старший консультант кафедры ортопедии медицинского факультета, Университет Танты, Танта, Египет. <https://orcid.org/0000-0003-1510-0584>. E-mail: profmshafik1@outlook.com.

Elsayed E. Negm* — MD, Assistant lecturer of the Orthopedic Department, Faculty of Medicine, Tanta University, Tanta, Egypt. <https://orcid.org/0000-0003-4021-1585>. E-mail: elsayed.negm@med.tanta.edu.eg, drsayednegm@gmail.com.

Vinay Saraph — MD, Senior consultant of the Pediatric Orthopedic Unit, Department of Pediatric Surgery, Medical University of Graz, Graz, Austria. <https://orcid.org/0000-0003-0863-9792>. E-mail: vinay.saraph@meduni-graz.at.

Mohamed S. Said — MD, Professor and senior consultant of the Orthopedic Department, Faculty of Medicine, Tanta University, Tanta, Egypt. <https://orcid.org/0000-0003-1510-0584>. E-mail: profmshafik1@outlook.com.