

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С НЕЙРОМЫШЕЧНЫМ СКОЛИОЗОМ.

*ФГУ Центральный институт травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова. (директор – академик РАН и РАМН, проф. С.П. Миронов).

**Научно-практический центр медицинской помощи детям г. Москва (директор – академик РАЕН, проф. А.Г. Притыко).

Классификация.

Нейромышечный сколиоз характеризуется расстройством проведения нервного импульса по нервному волокну, либо связан с нарушением нейро-мышечной передачи. В зависимости от уровня поражения различают нейропатические и миопатические деформации [30].

Первые, в свою очередь, подразделяются на заболевания с поражением 1 мотонейрона и 2 мотонейрона (схема 1).

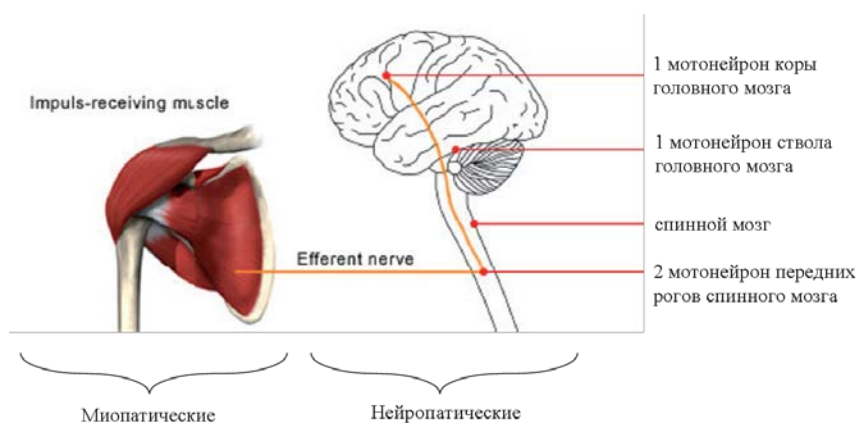


Схема 1 Уровни поражения на этапах проведения нервного импульса при различных видах нейро-мышечных сколиозов. (Из атласа Spine Surgery Information Portal, Prof. Dr. med. J. Harms).

К нейропатическим деформациям относятся сколиозы на фоне ДЦП, сирингомиелии, опухолях - при поражении 1 мотонейрона; а также деформации на фоне спинальной мышечной атрофии, вирусных миелитах, менингомиелорадикулоцеле - при поражении 2 мотонейрона. Миопатические деформации могут наблюдаться при различных мышечных дистрофиях, миастении, болезни центрального стержня.

Распространенность сколиоза среди пациентов с нейромышечными заболеваниями по данным различных авторов составляет от 50 до 80 %. Отсутствие своевременного лечения нейромышечных деформаций позвоночника вызывают следующие симптомы:

- Боль

- Нарушенный баланс туловища при сидении, ходьбе
- Пролежни
- Психологические проблемы (для пациентов с сохранным интеллектом)
- Проблемы со стороны органов грудной клетки (уменьшение показателей ФВД, респираторные заболевания, пневмонии, нарушение работы сердечно-сосудистой системы).

По данным некоторых авторов данная группа кардио-пульмональных осложнений увеличивают смертность в группе пациентов, страдающих нейромышечным сколиозом [40].

Причиной развития сколиоза является непосредственно само заболевание, в то время как прогрессии деформации способствует непосредственно рост ребенка. У лежачих пациентов вероятность развития деформации позвоночника меньше, чем у передвигающихся в инвалидном кресле, либо способных ходить, что связано с наличием осевой нагрузки на позвоночник, как провоцирующего прогрессию фактора.

При разной патологии частота возникновения деформации так же варьирует: так, при ДЦП почти у 40% пациентов присутствует сколиотическая деформация более 10° , но только в 2% случаев величина деформации превышает 40° и требует оперативной коррекции [10,32,42,51]. При атаксии Friedreich сколиотическая деформация развивается в 60-79% случаев [35].

Нейромышечный сколиоз (кифосколиоз) может развиваться как на фоне опухоли спинного мозга, так и после удаления последней без адекватной стабилизации позвоночника [2]. После оперативного лечения опухолей позвоночника возможно развитие деформации, сходной по характеру с постламинэктомической или посттравматической [1,3].

Частота травматических повреждений спинного мозга у детей и подростков составляет в среднем от 14,5 до 27,1 случаев на миллион населения; при этом степень зрелости костно-мышечной системы и возраст на момент получения травмы являются определяющими факторами для возникновения деформации [5].

Статистически подтверждено развитие нейрогенных деформаций позвоночника (до 80%) после операций по поводу менингоцеле, если дефект локализуется в верхнепоясничном/грудном сегментах. При миелодисплазии риск возникновения деформации позвоночного столба связан с уровнем поражения: при локализации в грудном и грудопоясничном отделах вероятность возникновения деформации составляет 80%, в поясничном отделе (L3-L5) – 23%, на уровне крестца – 9% [7,21,39,43].

К нейромышечным деформациям с поражениям нижнего мотонейрона относится полиомиелит и другие миелиты вирусной этиологии, спинальные мышечные атрофии Werdnig-Hoffmann и Kugelberg-Welander. Как правило, деформация позвоночника при данной патологии носит прогрессирующий характер [14,22].

Характер деформаций.

В отличие от диспластического сколиоза, нейромышечные деформации характеризуются более быстрой прогрессией, которая зачастую не связана со зрелостью скелета и может значительно прогрессировать и после окончания костного роста [9].

Паралитическая деформация позвоночника носит, как правило, сколиотический характер с пологой и протяженной дугой, часто сопровождается перекосом таза (Рис 1). Прогрессия деформации происходит постепенно, однако в пубертатный период сопровождается характерным скачком [44].



Рис 1. Сколиотическая дуга протяженная, односторонняя, захватывает большое количество позвонков, сопровождается выраженным перекосом таза.

У больных с запущенными и быстро прогрессирующими сколиозами нижние ребра вогнутой стороны деформации соприкасаются с подвздошной костью (Рис 2). Это вызывает выраженный дискомфорт, а пациент зачастую не может это выразить. Перекос таза - характерный признак нейромышечных деформаций, который сопровождается декомпенсацией туловища (фронтальным дисбалансом) и провоцирует образования пролежня в области седалищного бугра у сидячих пациентов [46].



Рис 2. На рентгенограмме позвоночника пациентки с нейромышечным сколиозом стрелками обозначен контакт нижних ребер вогнутой стороны деформации и подвздошной кости. На фото внешнего вида этой больной отмечается гиперемия кожи в этой области и на коже в проекции седалищного бугра слева.

Больные часто истощены, паравертебральная мускулатура у них развита слабо, в костях отмечается остеопения. Пациенты имеют проблемы с потреблением и усваиванием пищи, отмечается снижение показателей внешнего дыхания вследствие слабости дыхательных мышц и деформаций грудной клетки. Эта группа пациентов в большей степени подвержены присоединением или обострением имеющейся урологической инфекции.

Лечение.

При выявлении деформации в раннем возрасте пациентам, как правило, назначается консервативное лечение – корсетотерапия. При положительном эффекте данный метод может использоваться до окончания роста костной ткани [27]. Ортезирование в корригирующих корсетах Шено позволяет замедлить, но не предотвратить прогрессию деформации. Коррекции деформации в жестком корсете, которую добиваются при диспластическом сколиозе, у пациентов данной группы достичь не удастся из-за тяжелого психосоматического статуса пациентов с нейромышечными деформациями позвоночника [16,37].

Использование корригирующих корсетов способствует коррекции сколиоза, устраняет перекося таза и позволяет равномерно распределить нагрузку на седалищные бугры, что предотвращает образование пролежней. Помимо этого, корсет предотвращает дальнейшую прогрессию сколиоза и к окончанию костного роста уменьшает объем и травматичность оперативного вмешательства при коррекции сколиоза (Рис 3).



Рис 3. Внешний вид пациента с нейромышечным сколиозом, страдающим ДЦП, в корсете Шено.

Основными целями оперативной коррекции нейромышечного сколиоза являются: остановка прогрессии, восстановление баланса туловища, коррекция деформации, восстановление правильного сагиттального и фронтального баланса туловища, исправление формы и объема сколиотически деформированной грудной клетки, предотвращение неврологических расстройств и болевого синдрома [8,12,49].

При планировании хирургического лечения деформации позвоночного столба необходимо учитывать сопутствующую патологию при данных заболеваниях – спастичность скелетной мускулатуры, наличие контрактур в тазобедренных, коленных и локтевых суставах [44].

Предоперационное обследование включает рентгенограммы позвоночника с захватом подвздошных костей лежа/сидя (стоя), в 2-ух проекциях и в прямой проекции с наклонами. По данным рентгенограммам проводится оценка фронтального баланса (сколиотической деформации), сагиттального баланса (кифоз, лордоз), определяется возможная декомпенсация. По рентгенограмме поясничного отдела с захватом гребней подвздошных костей проводится определение угла наклона таза (по углу, образованному линией, проходящей через верхние точки гребней подвздошных костей и горизонтальной линией) [53].

КТ и МРТ позвоночника проводится для определения состояния мягкотканых и костных структур, исключения возможных аномалий развития позвоночника и спинного мозга.

Учитывая протяженность сколиотической дуги, значительную ротацию позвонков, относительную мобильность, практически постоянно присутствующий перекос таза, при проведении коррекции и фиксации нейромышечных деформаций используются дорсальные методики. Вентральный подход используется для проведения релиза межпозвонковых структур и как самостоятельный подход при лечении нейромышечных деформаций применяется редко [38,45].

Типичный протяженный С-образный грудопоясничный сколиоз с перекосом таза подразумевает многоуровневую фиксацию от верхнегрудных позвонков до гребней подвздошных костей в условиях интраоперационной гало-тракции.

В случаях грубой, ригидной дуги первым этапом проводится передняя мобилизация позвоночника: дискэктомия с иссечением передней и задней продольных связок, последующая гало-тракция (через прикроватный блок в положении лежа, либо с использованием кресла-каталки, оборудованной устройством для гало-вытяжения).

Во всех клинических случаях, где возможно обойтись без вентрального оперативного доступа, используются только дорсальные методики [23,26,33].

Для фиксации позвоночника у пациентов с нейромышечными деформациями применяются винтовые, либо комбинированные конструкции (субламинарные фиксаторы-крючки, проволока+винты) [50].

Использование «чисто» винтовых конструкций позволяет более надежно фиксировать позвоночник, дает более выраженную коррекцию, в некоторых случаях позволяет провести лечение в 1 этап (без вентрального релиза), уменьшает время пребывания больного в стационаре [36,48].

Транспедикулярный винт позволяет проводить фиксацию всех 3 колонн позвоночного столба [18], что позволяет одномоментно корригировать деформацию, а использование методики PVCR позволяет получить более выраженную коррекцию [24,49].

Комбинированные системы позволяют уменьшить время оперативного вмешательства, хирургическую агрессию, кровопотерю [4,31].

Одним из преимуществ комбинированных систем с субламинарной фиксацией по Luque является низкопрофильность последней, что актуально для пациентов с дефицитом паравертебральной мускулатуры [20].

После скелетирования паравертебральной мускулатуры в целях задней мобилизации проводится многоуровневая корригирующая остеотомия по Смит-Петерсону (SPO). Большинство нейромышечных деформаций сопровождаются перекосом таза, если последний имеет величину в положении сидя более 15 градусов, при монтаже конструкции в нижнем полюсе используется узел пельвик/сакро-пельвик фиксации [41,52].

В результате оперативной коррекции у больных с нейромышечными деформациями отмечается нормализация баланса тела, повышение показателей функции внешнего дыхания, улучшение обслуживания/самообслуживания пациентов [11,29,34].

Осложнения.

Частота осложнений при хирургическом лечении данной патологии снизилась лишь в последние 2 десятилетия, что связано с развитием диагностических методик, методов хирургического лечения и изучением патогенеза заболеваний, приводящих к деформациям позвоночника [19,25].

Отягощенный соматический анамнез, снижение дыхательной функции, обусловленное деформацией грудной клетки и позвоночника и несостоятельностью дыхательной мускулатуры, а также неполноценность глотательного и кашлевого рефлексов у данной группы пациентов,

делает необходимым строгое наблюдение за пациентом в раннем послеоперационном периоде [33].

Риск послеоперационных легочных осложнений значительно возрастает, у пациентов с показателями жизненной емкости легких 40% и менее от возрастной нормы, при выраженной интраоперационной кровопотере (например после проведения PVCR- Posterior Vertebral Column Resection), а также у больных с проведенным вентральным вмешательством, что в условиях неполноценной межреберной и диафрагмальной мускулатуры также значительно снижает вентиляционную функцию легких.

В таких ситуациях показана продолженная послеоперационная вентиляция до 48-72 часов и обязательная установка назо-гастрального, либо назо-интестинального зонда для предотвращения аспирации [6].

После перевода больного из отделения реанимации необходимо активное наблюдение средним и старшим медицинским персоналом, мониторинг жизненных показателей (АД, ЧСС, ЧДД, SPO₂), доступ к ингаляционному кислороду [17].

В послеоперационном периоде у пациентов, которые не контролируют функции тазовых органов, большое значение имеет сохранение в чистоте раневых повязок, что является профилактикой инфекционных осложнений [13,15,28,47].

Материал и методы.

Под нашим наблюдением находилось 28 больных (Табл. 1) с паралитическими деформациями позвоночника: с сирингомиелией (8 пациентов), опухолями спинного мозга (6), страдающих детским церебральным параличом (3), на фоне нервно-мышечных заболеваний (7), менингомиелорадикулоцеле (4).

<i>Нозология</i>	<i>Количество пациентов</i>
Сирингомиелия	8
Опухоли спинного мозга	6
Детский церебральный паралич	3
Нервно-мышечные заболевания	7
Менингомиелорадикулоцеле	4

Табл.1 Распределение пациентов по нозологиям

У пациентов с нейромышечными сколиозами нами отмечено нередкое сочетание деформаций позвоночника с аномалиями развития позвонков и спинного мозга.

Возраст пациентов от 4 до 27 лет, из них мужского пола 12 пациентов, женского - 16. Максимальная дуга искривления составляла 136 град, минимальная 68 град. Мобильными являлись 18 сколиозов (коррекция при тракционном тесте более чем на 40%), ригидными – 10, преобладали кифосколиозы – у 20 больных.

S-образные деформации с перекосом таза отмечались у 20 больных, S-образные – у 8. Распределение сколиозов по отделам позвоночного столба было следующим: грудных – 5, поясничных – 4, комбинированных – 4, тотальных (протяженная дуга, вовлекающая грудной и поясничный отделы) – 15.

Всем пациентам было проведено оперативное лечение, выполненное одноэтапно - 19 больных и двухэтапно - 9 больных. В результате лечения получены хорошие и удовлетворительные результаты, коррекция сколиотической деформации в среднем составила 56,2% .

Необходимо отметить достаточно высокий процент операционных осложнений (табл. 2) у пациентов с нейромышечными сколиозами (21,4%). Наиболее грозными являются состояния, которые могут приводить к развитию сердечно-легочной недостаточности. У пациентки с нейромышечным сколиозом 4 степени на фоне амиотрофии Вердинга-Гоффмана, в раннем послеоперационном периоде, на 2 сутки после проведения 1 этапа оперативного лечения (торакотомии справа, вентрального релиза на вершине сколиотической деформации), произошла аспирация рвотными массами, что привело к развитию острой сердечно-легочной недостаточности. Проводимые реанимационные мероприятия не имели эффекта, пациентка скончалась.

<i>Осложнения</i>	<i>Кол-во</i>
Сердечно-сосудистые осложнения: острая сердечно-легочная недостаточность, повлекшая за собой смерть больного	1
Инфекционные: нагноение послеоперационной раны	2
обострение инфекции мочевыводящих путей	2
Нестабильность конструкции: перелом стержня	1

Табл 2. Сводная таблица развившихся осложнений

В нашем наблюдении отмечалось 2 случая развития нагноения послеоперационной раны, однако ни один из них не потребовал удаления металлоимплантата. Проводились перевязки послеоперационной раны с растворами антисептиков, ферментно-мазевыми повязками до

очищения послеоперационной раны. Затем выполнялось иссечение краев раны с установкой приточно-отточного дренажа, который удалялся через 3–4 дня после наложения вторичных швов.

Нестабильность конструкции, обусловленная переломом стержня, развилась у 1 больного через 6 месяцев после операции. В ходе проведения перемонтажа была восстановлена потерянная коррекция, а также устранена нестабильность эндокорректора.

Плексит верхней конечности (позиционный) а также послеоперационный плеврит - осложнения которые были полностью купированы к моменту выписки больного из стационара и не потребовали дополнительного лечения.

Обсуждение и выводы.

Перед проведением вмешательств на позвоночнике у пациентов с нейромышечными деформациями позвоночника в ряде случаев проводилось устранение сопутствующей патологии – контрактур и вывихов в суставах.

Учитывая протяженность сколиотической дуги, значительную ротацию позвонков, относительную мобильность, практический постоянно присутствующий перекос таза, при проведении коррекции и фиксации нейромышечных деформаций использовались дорсальные методики.

Вентральный подход использовался только для проведения релиза межпозвонковых структур и как самостоятельный подход при лечении нейромышечных деформаций не применялся.

Для фиксации позвоночника у пациентов с нейромышечными деформациями применялись винтовые, либо комбинированные конструкции (субламинарные фиксаторы-крючки, проволока+винты). При оперативной коррекции сколиоза важным моментом являлась многоуровневая фиксация с установкой большого числа опорных элементов (желательно фиксировать каждый сегмент сколиотической дуги), а также задняя мобилизация позвоночника с использованием остеотомии по Смит-Петерсону.

Многоуровневая фиксация позволяла равномерно распределить нагрузку на опорные элементы позвоночника (в которых зачастую отмечалась остеопения) и в условиях неполноценной паравертебральной мускулатуры надежно удерживать позвоночный столб.

В результате хирургической коррекции нейромышечного сколиоза у наших пациентов достигнута:

- коррекция деформации позвоночника
- остановка прогрессии сколиоза, уменьшение болевого синдрома
- восстановление правильного сагиттального и фронтального баланса туловища, облегчение передвижения в кресле-каталке
- исправление формы и объема деформированной грудной клетки, улучшение функции внешнего дыхания
- улучшение самообслуживания пациентов.

Таким образом, в связи с развитием медицинских технологий, появлением новых знаний о природе заболеваний, нового инструментария и имплантантов, совершенствованием хирургических методик, анестезиологической поддержки, появилась возможность проведения оперативной коррекции деформаций позвоночника группе пациентов, страдающих нейромышечным сколиозом, с меньшим интраоперационным риском, более быстрым восстановлением пациентов и меньшим числом осложнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Колесов С.В. Хирургическое лечение тяжелых постламинэктомических деформаций позвоночника. Хирургия позвоночника, 2006; №2: 29-32.
2. Кушель Ю.В. Роль ламинотомии и ламинопластики в снижении частоты послеоперационных кифосколиозов у детей, оперированных по поводу интрамедуллярных опухолей. Вопросы Нейрохирургии 2007; №4:20-34.
3. Мельников И. И. Ортопедическая коррекция вторичных деформаций позвоночника у детей и подростков: Канд. дис. – М., 2011.
4. Allen BL, Jr, Ferguson RL. L-rod instrumentation for scoliosis in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 1982;2:87–96.
5. Altiock H, Mekhail A, Vogel LC, Herman JE, Lubicky JP. Issues in surgical treatment of thoraco-lumbar injuries associated with spinal cord injury in children and adolescents. *Am. J Orthop* 2002; 11:647-651.
6. Anderson PR, Puno MR, Lovell SL, Swayze CR. Postoperative respiratory complications in non-idiopathic scoliosis. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1985;29:186–92.
7. Banta JV. Combined anterior and posterior fusion for spinal deformity in Myelomeningocele. *Spine.* 1990;15:946–52.
8. Bell D, Moseley C, Koreska J. Unit rod segmental spinal instrumentation in the management of patients with progressive neuromuscular spinal deformity. *Spine.* 1988;14:1301–7.
9. Berven S, Bradford DS. Neuromuscular scoliosis: causes of deformity and principles for evaluation and management. *Semin. Neurol.* 2002;22(2):167-178.
10. Bonnett C, Brown JC, Grow T. Thoracolumbar scoliosis in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg [Am]* 1976;58:328–36.
11. Bridwell KH, Baldus C, Iffriq TM, Lenke LG, Blanke K. Progress measures and patients/parents evaluation of surgical management of spinal deformities in patients with progressive flaccid neuromuscular scoliosis. (Duchenne's muscular dystrophy and spinal muscular atrophy) *Spine.* 1999;24:1300–9.
12. Broom MJ, Banta JV, Renshaw TS. Spinal fusion augmented by Luque-rod segmental instrumentation for neuromuscular scoliosis. *J Bone Joint Surg [Am]* 1989;71:32–44.

13. Brown CA, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Complications of pediatric thoracolumbar and lumbar pedicle screws. *Spine*. 1998;23:1566–71.
14. Brown J, Zeller J, Swank S, et al. Surgical and functional results of spine fusion in spinal muscular atrophy. *Spine*. 1988;14:763–70.
15. Canavese F, Gupta S, Krajbich JI, Emara KM. Vacuum-assisted closure for deep infection after spinal instrumentation for scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. Mar 2008;90(3):377-81.
16. Cassidy C, Craig CL, Perry A, et al. A reassessment of spinal stabilization in severe cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 1994;14:731–9.
17. Comstock CP, Leach J, Wenger DR. Scoliosis in total body involvement cerebral palsy: analysis of surgical treatment and patient and caregiver satisfaction. *Spine*. 1998;23:1412–25.
18. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries // *Spine*.—1983.—V.8, №8.—P.817—831.
19. Edler A, Murray D, Forbes RB. Blood loss during posterior spinal fusion surgery in patients with neuromuscular disease: is there an increased risk? *Pediatric Anaesthesia*. 2003;13:818–822.
20. Gau YL, Lonstein JE, Winter RB, Koop S, Denis F. Luque-Galveston procedure for correction and stabilization of neuromuscular scoliosis and pelvic obliquity: a review of 68 patients. *J Spinal Disord*. 1991;4:399–410.
21. Geiger F, Farsch D, Carstens C. Complications of scoliosis surgery in children with myelomeningocele. *Eur Spine J*, 1999, 8: 22-6.
22. Granata C, Merlini L, Cervellati S, et al. Long term results of spine surgery in Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord*. 1996;6:61–8.
23. Grossfeld S, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Leonard A, Johnson L. Complications of anterior spinal surgery in children. *J Pediatr Orthop*. 1997;17:89–95.
24. Hamill CL, Lenke LG, Bridwell KH, et al. The use of pedicle screw fixation to improve correction in the lumbar spine of patients with idiopathic scoliosis: is it warranted? *Spine*. 1996;21:1241–9.
25. Hod-Feins R, Abu-Kishk I, Eshel G, Barr Y, Anekstein Y, Mirovsky Y. Risk factors affecting the immediate postoperative course in pediatric scoliosis surgery. *Spine*. Oct 1 2007;32(21):2355-60.
26. Keeler KA, Lenke LG, Good CR, Bridwell KH, Sides B, Luhmann SJ. Spinal Fusion for Spastic Neuromuscular Scoliosis: Is Anterior Releasing Necessary When Intraoperative Halo-Femoral Traction Is Used? *Spine (Phila Pa 1976)*. Apr 13 2010
27. Kotwicki T, Durmala J, Czubak J. Bracing for neuromuscular scoliosis: orthosis construction to improve the patient's function. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2008 May;3(3):161-9.
28. Kretzler J, Banta J. Wound infections following spinal fusion surgery. Transactions on the 1991 meeting of the Pediatric Orthopedic Society of North America. *J Pediatr Orthop*. 1992;12:264.
29. Larsson EL, Aaro SI, Normalli HC, Oberg BE. Long-term follow-up of functioning after spinal surgery in patients with neuromuscular scoliosis. *Spine*. 2005;30:2145–52.
30. Lonstein JE. Neuromuscular spinal deformity. In Weinstein SL ed. *The Pediatric Spine – Principles and Practice*. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 2001:789-796.
31. Lonstein JE. The Galveston technique using Luque or Cotrel-Dubousset rods. *Orthop Clin North Am*. 1994; 25:311–20.
32. Lonstein JE, Akbarnia BA. Operative treatment of spinal deformities in patients with cerebral palsy or mental retardation: an analysis of one hundred and seven cases. *J Bone Joint Surg [Am]* 1983;65:43–55.
33. McDonnell MF, Glassman SD, Dimar JR, Puno RM, Johnson JR, Louisville K. Perioperative complications of anterior procedure on the spine. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78:839–847.

34. Mercado E, Alman B, Wright JG. Does spinal fusion influence quality of life in neuromuscular scoliosis?. *Spine*. Sep 1 2007;32(19 Suppl):S120-5.
35. Milbrandt TA, Kunes JR, Karol LA. *Friedreich's ataxia* and scoliosis: the experience at two institutions. *J Pediatr Orthop*. 2008 Mar;28(2):234-8.
36. Modi HN, Suh SW, Song HR, Fernandez HM, Yang JH. Treatment of neuromuscular scoliosis with posterior-only pedicle screw fixation. *Journal of Orthopedic Surgery and Research*. 2008;3:23. doi: 10.1186/1749-799X-3-23.
37. Morillon S, Thumerelle C, Cuisset JM, Santos C, Matran R, Deschildre A. Effect of thoracic bracing on lung function in children with neuromuscular disease *Ann Readapt Med Phys*. 2007 Nov;50(8):645-50. Epub 2007 May 7. French.
38. O'Brien T, Akmakjian J, Ogin G, et al. Comparison of one-staged versus two-staged anterior/posterior spinal fusion of neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 1992;12:610-5.
39. Osebold WR, Mayfield JK, Winter RB, Moe JH. Surgical treatment of paralytic scoliosis associated with myelomeningocele. *J Bone Joint Surg [Am]* 1982;64:841-52.
40. Pehrsson K, Larsson S, Oden A, et al. Long term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. *Spine*. 1992;17:1091-6.
41. Phillips JH, Gutheil JP, Knapp DR. Iliac screw fixation in neuromuscular scoliosis. *Spine*. 2007;32(14):1566-1570.
42. Rinsky LA. Surgery of spinal deformity in cerebral palsy. Twelve years in the evolution of scoliosis management. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;253:100-9.
43. Rodgers WB, Williams MS, Schwend RM, Emans JB. Spinal deformity in myelodysplasia. Correction with posterior pedicle screw instrumentation. *Spine*. 1997;22:2435-2443.
44. Sarwark J, Sarwahi V. New strategies and decision making in the management of neuromuscular r scoliosis. *Orthop Clin N Am*. 2008;38:485-495.
45. Sarwahi V, Sarwark JF, Schafer MF, Backer C, Lee M, King EC, Aminian A, Grayhack JJ. Standards in anterior spine surgery in pediatric patients with neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2001;21:756-60.
46. Shook JE, Lubicky JP. Paralytic scoliosis In: DeWald RL, Bridewell KH, eds. *The Textbook of Spinal Surgery*, 2nd Ed. Philadelphia: Lippincott Raven; 1997:837-880.
47. Sponseller PD, LaPorte DM, Hungeford MW, Eck K, Bridwell KH, Lenke LG. Deep wound infections after neuromuscular scoliosis surgery. A multicenter study of risk factors and treatment outcomes. *Spine*. 2000;25:2461-2466.
48. Storer SK, Vitale MG, Hyman JE, et al. Correction of adolescent idiopathic scoliosis using thoracic pedicle screw fixation versus hook constructs. *J Pediatr Orthop*. 2005;25:415-9.
49. Suk Se-Il, Kim JH, Kim WJ, et al. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities. *Spine*, 2002, 27:2374-82.
50. Teli M, Elsebaie H, Biant L, Noordeen H. Neuromuscular scoliosis treated by segmental third-generation instrumented spinal fusion. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18:430-438.
51. Tsirikos AI, Chang WN, Dabney KW, et al. Comparison of parents' and caregivers' satisfaction after spinal fusion in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2004;24:54-58.
52. Westerlund IE, Gill SS, Jarosz TS, Abel MF, Blanco JS. Posterior-only unit rod instrumentation and fusion for neuromuscular scoliosis. *Spine*. 2001;26:1984-89.
53. Winter S. Preoperative assessment of the child with neuromuscular scoliosis. *Orthop Clin North Am*. 1994;25:239-45.