



ФЕНОМЕН ADDING-ON ПРИ ИДИОПАТИЧЕСКИХ СКОЛИОЗАХ ПОДРОСТКОВ ТИПА LENKE I

А.Ю. Сергунин, А.С. Васюра, А.Н. Сорокин

Новосибирский научный исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Анализ частоты встречаемости adding-on в хирургии идиопатического сколиоза при деформациях типа Lenke I.

Материал и методы. Проспективный анализ рентгенограмм пациентов с идиопатическим сколиозом. Рассматриваемым критериям соответствовали 89 пациентов. Девушек — 82, юношей — 7. Возраст на момент операции 12–25 лет, в среднем — $16,3 \pm 4,4$ года. Средний срок послеоперационного наблюдения — $2,3 \pm 0,4$ года. У 24 пациентов сколиотическая деформация соответствовала III ст. по Чаклину, у 65 — IV ст. Величина основной грудной дуги по Cobb варьировала от 30 до 103° и составила в среднем $61,1^\circ \pm 17,1^\circ$. Во всех случаях использовали сегментарный инструментарий III поколения (гибридный или ламинарный) в условиях интраоперационного скелетного вытяжения с усилием, равным 50 % веса тела пациента. У 6 пациентов применяли ламинарную фиксацию, у 83 — гибридную фиксацию с установкой винтов на различном протяжении.

Результаты. Значительно увеличилась грудная дуга по Cobb — $16,0^\circ \pm 4,3^\circ$, расстояние от центра позвонка, расположенного на один уровень дистальнее нижнего инструментированного, до средней крестцовой линии (LIV+1-CSVL) — $3,6 \pm 2,5$ мм, наклон нижнего инструментированного позвонка во фронтальной плоскости (LIV tilt angle) — $3,6^\circ \pm 2,8^\circ$, наклон позвонка, расположенного на один уровень дистальнее нижнего инструментированного (LIV+1 tilt angle), — $4,6^\circ \pm 2,5^\circ$, расстояние от центра апикального позвонка основной дуги до средней крестцовой линии (AV-CSVL) — $17,2 \pm 12,0$ мм. Достоверная корреляция выявлена между величиной послеоперационной сколиотической дуги и AV-CSVL дистанцией, LIV+1-CSVL в послеоперационном периоде и послеоперационной LIV+1 tilt angle. Увеличение наклона LIV+1 tilt angle в сочетании с увеличением расстояния LIV+1-CSVL более чем на 4 мм (или градуса) может быть параметром для измерения феномена adding-on.

Заключение. Показанием для повторного оперативного вмешательства может являться значительный наклон позвонка, расположенного под нижним инструментированным, сопровождающийся болевым синдромом, фронтальным дисбалансом.

Ключевые слова: adding-on, идиопатический сколиоз, хирургия сколиоза.

THE ADDING-ON PHENOMENON IN LENKE TYPE I ADOLESCENT IDIOPATHIC SCOLIOSIS

A.Yu. Sergunin, A.S. Vasyura, A.N. Sorokin

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

Objective. To analyze the incidence of adding-on phenomenon in the surgery of Lenke type 1 idiopathic scoliosis. **Material and Methods.** The study included prospective analysis of radiographs of 89 patients (82 females and 7 males) with idiopathic scoliosis who met the criteria for inclusion. The age of patients at the time of surgery ranged from 12 to 25 years (mean: 16.3 ± 4.4 years). The average follow-up period was 2.3 ± 0.4 years. Scoliotic deformity corresponded to grade III according to V.D. Chaklin's classification in 24 patients, and to grade IV in 65. The magnitude of the primary thoracic curve varied from 30° to 103° of Cobb angle (mean: $61.1^\circ \pm 17.1^\circ$). In all cases, segmental third generation instrumentation (hybrid or laminar) was used in combination with intraoperative skeletal traction with an afford equal to 50 % of the patient's body weight. Laminar fixation was used in 6 patients, and hybrid fixation with different extent of screw installation in 83. **Results.** The following parameters showed significant increase: the magnitude of thoracic curve according to Cobb — $16.0^\circ \pm 4.3^\circ$, the distance from the center of the vertebra located one level distal to the lowest instrumented vertebra, to the central sacral vertical line (LIV+1-CSVL) — 3.6 ± 2.5 mm, the tilt of the lower instrumented vertebra in the coronal plane (LIV tilt angle) — $3.6^\circ \pm 2.8^\circ$, the tilt of the vertebra located one level distal to the lowest instrumented vertebra (LIV+1 tilt angle) — $4.6^\circ \pm 2.5^\circ$, and the distance from the center of the apical vertebra of the primary curve to the central sacral vertical line (AV-CSVL) — 17.2 ± 12.0 mm. A significant correlation was found between postoperative magnitude of the scoliotic curve and AV-CSVL distance, postoperative LIV+1-CSVL distance and postoperative LIV+1 tilt angle. An increase in LIV+1 tilt angle in combination with an increase in LIV+1-CSVL distance by more than 4 mm (or degrees) could be a parameter for measuring the adding-on phenomenon. **Conclusion.** The indication for reoperation may probably be a significant tilt of the vertebra located below the lowest instrumented vertebra, accompanied by pain syndrome and coronal imbalance.

Key Words: adding-on, idiopathic scoliosis, scoliosis surgery.

Для цитирования: Сергунин А.Ю., Васюра А.С., Сорокин А.Н. Феномен adding-on при идиопатических сколиозах подростков типа Lenke I // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15. № 1. С. 26–31.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2018.1.26-31>.

Please cite this paper as: Sergunin AY, Vasyura AS, Sorokin AN. The adding-on phenomenon in Lenke type I adolescent idiopathic scoliosis. Hir. Pozvonoc. 2018;15(1):26–31. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2018.1.26-31>.

Сколиотическая деформация типа Lenke I является одной из самых распространенных форм идиопатического сколиоза подростков [3]. Она характеризуется наличием основной грудной структуральной дуги и верхнегрудным или поясничным неструктуральным противоискривлением. Использование методики селективного спондилодеза при данном типе деформации предполагает фиксацию только грудной дуги, при этом противоискривление остается свободным в расчете на спонтанную самокоррекцию [2]. Согласно данным литературы [1, 4, 5], неверный выбор нижнего инструментированного позвонка, когда зона металлоспондилодеза слишком короткая и противоискривление не в состоянии сбалансировать полученную коррекцию, может привести к развитию феномена adding-on.

Общепринятого определения этого патологического состояния в литературе нет. Wang et al. [9, 10] понимают феномен adding-on как увеличение числа позвонков ниже уровня спондилодеза, включенных в основную дугу, с увеличением отклонения первого дистального неинструментированного позвонка более чем на 5 мм от средней крестцовой линии или увеличение наклона первого дистального неинструментированного диска более чем на 5° в течение первого года после операции. По мнению Sponseller et al. [8], это – увеличение числа позвонков в измеряемой сколиотической дуге в дистальном или проксимальном направлении с возрастанием дуги более чем на 6° в сравнении с первой послеоперационной рентгенограммой. Schlechter et al. [6] определили adding-on как увеличение первичной сколиотической дуги ниже уровня инструментария вследствие увеличения количества позвонков, включенных в состав дуги, или усиления наклона диска, расположенного под нижним инструментированным позвонком. Мы в своей практике пользуемся определением, данным Wang et al. [9, 10].

Частота встречаемости adding-on крайне вариабельна и составляет от 2

до 51 % [6–8, 10]. Развитие этого осложнения может сопровождаться неудовлетворительным клиническим исходом и риском повторных операций. В отечественной литературе работ, посвященных данной проблеме, мы не нашли. В повседневной практике мы не пользуемся схемами селективного спондилодеза [2, 3], считая целесообразным опираться на рекомендации Cotrel и Dubousset, определявших нижний инструментированный позвонок по данным функциональной спондилографии. Эти авторы использовали в качестве нижнего инструментированного позвонка, расположенный непосредственно над диском, демонстрирующим симметричную клиновидность при наклонах в обе стороны.

Цель исследования – анализ частоты встречаемости adding-on в хирургии идиопатического сколиоза при деформациях типа Lenke I.

Материал и методы

Исследование заключалось в ретроспективном анализе рентгенограмм пациентов с идиопатическим сколиозом, оперированных в специализированной вертебрологической клинике. Методику селективного спондилодеза не применяли.

Критерии включения в исследуемую группу: деформация типа Lenke I, возраст пациента менее 25 лет, период послеоперационного наблюдения – 2 года и более. Рассматриваемым критериям соответствовали 89 пациентов: девушек – 82, юношей – 7. Возраст больных на момент операции варьировал от 12 до 25 лет, в среднем – $16,3 \pm 4,4$ года. Средний срок послеоперационного наблюдения – $2,3 \pm 0,4$ года. У 24 пациентов сколиотическая деформация соответствовала III ст. по Чаклину, у 65 – IV ст. Величина основной грудной дуги по Cobb варьировала от 30 до 103° и составила в среднем $61,1^\circ \pm 17,1^\circ$. Во всех случаях использовали сегментарный инструментарий III поколения (гибридный или ламинарный) в условиях интраоперационного скелетного вытяжения с усилием, равным 50 % веса тела

пациента. У 6 пациентов применяли ламинарную фиксацию, у 83 – гибридную фиксацию с установкой винтов на различном протяжении. Рентгенограммы грудного и поясничного отделов позвоночника выполняли в передней и боковой проекциях в положении пациента стоя с захватом гребней таза, а также в положении лежа с наклонами в обе стороны.

Оценивали рентгенограммы, выполненные до операции, в течение двух недель после операции и в конце периода наблюдения.

Основываясь на данных литературы, рассматривали следующие рентгенологические параметры: величину основной грудной дуги, поясничного противоискривления, протяженность спондилодеза, нижний инструментированный позвонок, расстояние от центра первого грудного позвонка до средней крестцовой линии (T1-CSVL), наклон нижнего инструментированного позвонка во фронтальной плоскости (LIV tilt angle), наклон позвонка, расположенного на один уровень дистальнее нижнего инструментированного (LIV+1 tilt angle), расстояние от центра апикального позвонка основной дуги до средней крестцовой линии (AV-CSVL), расстояние от центра нижнего инструментированного позвонка до средней крестцовой линии (LIV-CSVL), расстояние от центра позвонка, расположенного на один уровень дистальнее нижнего инструментированного, до средней крестцовой линии (LIV+1-CSVL; рис. 1).

Статистический анализ данных проводили при помощи программы «Microsoft Excel». При оценке параметров указывали стандартное отклонение, парное сравнение осуществляли при помощи стандартного Т-теста, критерий Пирсона определяли с целью выявления корреляции между рентгенологическими параметрами. Уровень достоверности определяли как $P < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

В 2 (2,25 %) случаях нижний уровень фиксации был на L₅, в 22 (24,70 %) –

**Рис. 1**

Пример расчерчивания рассматриваемых рентгенологических параметров на рентгенограммах пациентки А., 10 лет, с идиопатическим правосторонним грудным сколиозом IV ст.: 1 – грудная дуга по Cobb; 2 – LIV tilt angle; 3 – LIV+1 tilt angle; 4 – CSVL; 5 – дистанция T1-CSVL; 6 – дистанция AV-CSVL; 7 – дистанция LIV-CSVL; 8 – дистанция LIV+1-CSVL

**Рис. 2**

Рентгенограммы пациентки А., 10 лет, с идиопатическим правосторонним грудным сколиозом IV ст.: а – до операции; б – через 2 недели после операции; в – через 2 года после операции

на L_4 , в 57 (64,04 %) – на L_3 , в 7 (7,87 %) – на L_2 , в 1 (1,14 %) – на L_1 . Из 89 пациентов лишь 5 (5,62 %) можно отнести к группе с adding-on (рис. 2). У них 5 рентгенологических параметров показали значительное увеличение к концу наблюдения в сравнении с рентгенограммами, выполненными в раннем послеоперационном периоде: грудная дуга по Cobb, LIV+1-CSVL, LIV tilt angle, LIV+1 tilt angle, AV-CSVL. Степень

увеличения этих параметров представлена в табл. 1. Остальные рентгенологические параметры серьезно не изменились (табл. 2, рис. 3). У пациентов без признаков adding-on статистически значимых изменений рентгенологических параметров в течение послеоперационного периода не выявлено (табл. 3). В проводимом исследовании 5 из 7 рентгенологических параметров показали значимое

Таблица 1

Рентгенологические параметры у пациентов с adding-on

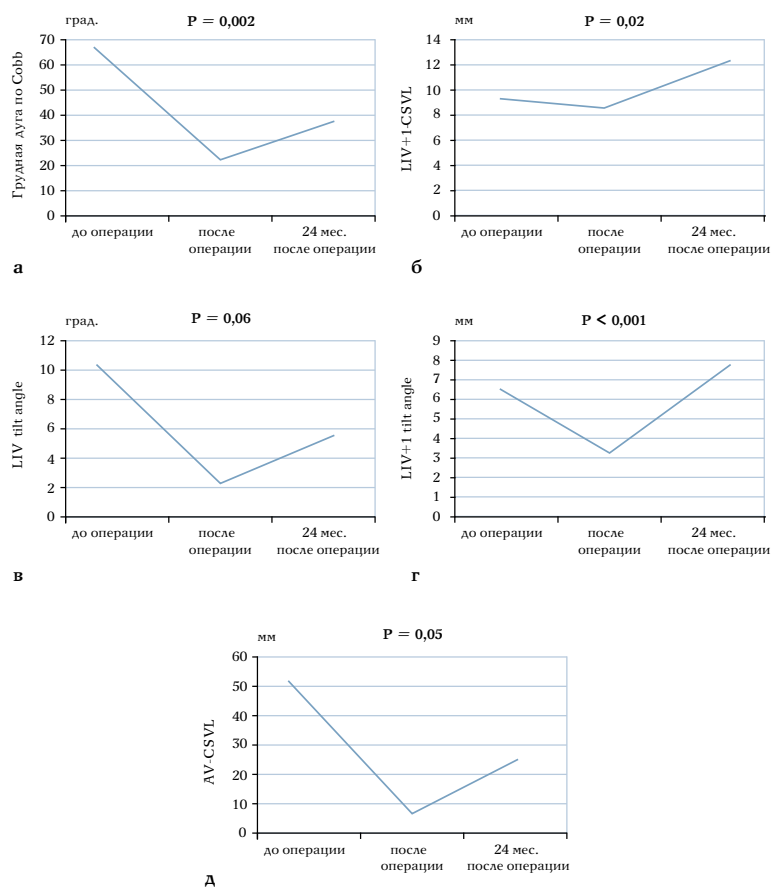
Грудная дуга по Cobb, град.	LIV+1-CSVL, мм	LIV tilt angle, град.	LIV+1 tilt angle, град.	AV-CSVL, мм
$16,0 \pm 4,3$	$3,6 \pm 2,5$	$3,6 \pm 2,8$	$4,6 \pm 2,5$	$17,2 \pm 12,0$

Таблица 2

Изменения рентгенологических параметров у пациентов с adding-on

Параметры	До операции	После операции	Через 2 года после операции	P
Грудная дуга по Cobb, град.	$64,0 \pm 9,1$	$21,2 \pm 5,0$	$37,2 \pm 8,7$	0,002
LIV-CSVL, мм	$16,2 \pm 10,6$	$13,6 \pm 5,8$	$14,2 \pm 3,4$	0,8
LIV+1-CSVL, мм	$9,2 \pm 5,6$	$8,8 \pm 3,4$	$12,4 \pm 3,5$	0,02
LIV tilt angle, град.	$10,4 \pm 5,0$	$2,0 \pm 3,4$	$5,6 \pm 3,1$	0,06
LIV+1 tilt angle, град.	$6,6 \pm 9,1$	$3,2 \pm 0,0$	$7,8 \pm 4,6$	<0,001
T1-CSVL, мм	$16,2 \pm 19,7$	$17,2 \pm 14,8$	$9,8 \pm 9,2$	0,4
AV-CSVL, мм	$51,8 \pm 26,0$	$8,0 \pm 5,2$	$25,2 \pm 11,7$	0,05

Среднее и стандартное отклонение, статистически достоверная разница ($P < 0,05$).

**Рис. 3**

Изменение исследованных параметров у пациентов с adding-on на этапах послеоперационного наблюдения: **а** – грудная дуга по Cobb; **б** – дистанция LIV+1-CSVL; **в** – угол LIV tilt; **г** – угол LIV+1 tilt; **д** – дистанция AV-CSVL

увеличение в послеоперационном периоде и могут являться потенциальными критериями для определения adding-on. Среди отмеченных параметров обнаружена достоверная корреляция лишь с частью из них, а именно между величиной послеоперационной сколиотической дуги и AV-CSVL дистанцией, LIV+1-CSVL в послеоперационном периоде и послеоперационный LIV+1 tilt angle, менее достоверными были параметры LIV+1-CSVL и послеоперационный угол основной дуги. Соответственно, эти параметры могут быть использованы для оценки adding-on. Остальные параметры показали уровень корреляции, близкий к 0,1, и были расценены как недостоверные (табл. 4).

Несколько авторов в своих исследованиях описали феномен adding-on. Suk et al. [7] выявили adding-on у 17 из 203 пациентов. Schlechter et al. [6] отметили этот феномен у 52 из 407 оперированных. Обнаружено, что данная патология чаще возникает при наличии грудной дуги с поясничным компенсаторным искривлением при деформациях типа Lenke IA и IIA. В литературе не удалось встретить общепринятых рентгенологических и клинических параметров, определяющих степень adding-on, а также четких критериев для повторных вмешательств, направленных на его устранение.

Таблица 3

Изменения рентгенологических параметров у пациентов без adding-on

Параметры	До операции	После операции	Через 2 года после операции	P
Грудная дуга по Cobb, град	60,9 ± 17,5	21,0 ± 10,6	22,6 ± 10,4	0,01
LIV-CSVL, мм	14,1 ± 9,9	6,6 ± 6,6	6,1 ± 6,2	0,33
LIV+1-CSVL, мм	7,7 ± 6,6	5,1 ± 5,8	4,1 ± 4,9	0,02
LIV tilt angle, град	12,8 ± 8,1	2,5 ± 2,7	3,3 ± 3,8	0,02
LIV+1 tilt angle, град	8,3 ± 6,1	2,1 ± 2,9	3,2 ± 4,2	0,04
T1-CSVL, мм	12,0 ± 8,5	14,9 ± 11,2	10,0 ± 7,8	<0,001
AV-CSVL, мм	43,8 ± 23,0	9,8 ± 7,3	11,3 ± 9,8	0,1

Среднее и стандартное отклонение, статистически достоверная разница (P < 0,05).

Таблица 4

Корреляция послеоперационных рентгенологических параметров у пациентов с adding-on

Параметры	Угол дуги	LIV+1-CSVL	LIV tilt angle	LIV+1 tilt angle	AV-CSVL
Послеоперационный угол дуги		R = 0,23	R = 0,36	R = 0,1	R = 0,4
LIV+1-CSVL	R = 0,23		R = 0,1	R = 0,47	R = 0,12
LIV tilt angle	R = 0,36	R = 0,1		R = 0,11	R = 0,11
LIV+1 tilt angle	R = 0,1	R = 0,47	R = 0,11		R = 0,1
AV-CSVL	R = 0,4	R = 0,12	R = 0,11	R = 0,11	

R от 0,1 до 0,3 — слабая положительная связь; R от 0,3 до 0,7 — умеренно положительная связь.

Заключение

Увеличение наклона LIV+1 tilt angle в сочетании с увеличением расстояния LIV+1-CSVL более чем на 4 мм (или градуса) может быть параметром для измерения феномена adding-on. Но отрицательный момент этого параметра – высокая погрешность при его

измерении. Достоверные критерии для повторного оперативного вмешательства у пациентов с adding-on установить трудно. В проведенном исследовании ни одному из пациентов с выявленным феноменом adding-on реоперации не выполняли, так как отклонения от нормы были клинически не значимы. Тем не менее

показанием для повторного оперативного вмешательства, вероятно, может являться значительный наклон позвонка, расположенного под нижним инструментированным, сопровождающийся болевым синдромом, фронтальным дисбалансом.

Литература/References

1. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск, 2011. [Mikhaylovskiy MV, Fomichev NG. Surgery of Spinal Deformities. Novosibirsk, 2011. In Russian].
2. Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, Clements DH, Harms J, Lowe TG, Shuffledbarger HL. Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am. 1998;80:1097–1106. DOI: 10.2106/00004623-199808000-00002.
3. Lenke L, Betz R, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. J Bone Joint Surg Am. 2001;83A:1169–1181. DOI: 10.2106/00004623-200108000-00006.
4. Lykissas MG, Crawford AH, Jain VV. Complications of surgical treatment of pediatric spinal deformities. Orthop Clin North Am. 2013;44:357–370. DOI: 10.1016/j.ocln.2013.03.007.
5. Matsumoto M, Watanabe K, Hosogane N, Kawakami N, Tsuji T, Uno K, Suzuki T, Ito M, Yanagida H, Yamaguchi T, Minami S, Akazawa T. Postoperative distal adding-on and related factors in Lenke type 1A curve. Spine. 2013;38:737–744. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318279b666.
6. Schlechter J, Newton P, Upasini V, Yaszay B, Lenke L, Betz R, Lowe T. P130. Risk factors for distal adding-on identified: what to watch out for. Spine J. 2008;8(5 Suppl):164S. DOI: 10.1016/j.spinee.2008.06.772.
7. Suk SI, Lee SM, Chung ER, Kim JH, Kim SS. Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis: more than 5-year follow-up. Spine. 2005;30:1602–1609. DOI: 10.1097/01.brs.0000169452.50705.61.
8. Sponseller PD, Betz R, Newton PO, Lenke LG, Lowe T, Crawford A, Sucato D, Lonner B, Marks M, Bastrom T. Differences in curve behavior after fusion in adolescent idiopathic scoliosis patients with open triradiate cartilages. Spine. 2009;34:827–831. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31819139ef.
9. Wang Y, Bunker CE, Zhang Y, Wu C, Li H, Hansen ES. Distal adding-on in Lenke 1A scoliosis: how to more effectively determine the onset of distal adding-on. Spine. 2013;38:490–495. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318273ed11.
10. Wang Y, Hansen ES, Hoy K, Wu C, Bunker CE. Distal adding-on phenomenon in Lenke 1A scoliosis: risk factor identification and treatment strategy comparison. Spine. 2011;36:1113–1122. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181f51e95.

Адрес для переписки:

Сергунин Александр Юрьевич
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна,
Saport2010@ngs.ru

Address correspondence to:

Sergunin Aleksandr Yuryevich
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L. Tsivyan, Frunze str., 17,
Novosibirsk, 630091, Russia,
Saport2010@ngs.ru

Статья поступила в редакцию 02.10.2017

Рецензирование пройдено 08.11.2017

Подписана в печать 16.11.2017

Received 02.10.2017

Review completed 08.11.2017

Passed for printing 16.11.2017

Александр Юрьевич Сергунин, травматолог-ортопед отделения детской ортопедии № 1, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, ул. Фрунзе, 17, 630091, Новосибирск, Россия, Saport2010@ngs.ru;

Александр Сергеевич Васюра, канд. мед. наук, травматолог-ортопед отдела детской и подростковой вертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, ул. Фрунзе, 17, 630091, Новосибирск, Россия, niito@niito.ru;

Артем Николаевич Сорокин, канд. мед. наук, травматолог-ортопед отделения детской ортопедии № 1, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, ул. Фрунзе, 17, 630091, Новосибирск, Россия, niito@niito.ru.

Aleksandr Yuryevich Sergunin, traumatologist-orthopaedist in the Departament of Pediatric Orthopaedics No. 1, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, Frunze str., 17, 630091, Novosibirsk, Russia, Saport2010@ngs.ru;

Aleksandr Sergeyevich Vasyura, MD, PhD, traumatologist-orthopaedist in the Department of Children and Adolescent Spine Surgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, Frunze str., 17, 630091, Novosibirsk, Russia, niito@niito.ru;

Artem Nikolaevich Sorokin, MD, PhD, traumatologist-orthopaedist in the Departament of Pediatric Orthopaedics No. 1, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, Frunze str., 17, 630091, Novosibirsk, Russia, niito@niito.ru.