



БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВРОЖДЕННОГО СКОЛИОЗА

А.В. Гладков, А.Л. Ханаев

Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии

С помощью кинематического анализа проведена оценка формы и ориентации позвоночника во фронтальной плоскости у 40 больных с врожденным сколиозом.

Выделено шесть типичных видов деформаций, зависящих от локализации аномалии, представлены их биомеханические характеристики. Выявлены атипичные формы деформаций позвоночника, возникающие при наличии дополнительной зоны аномалии. Даны результаты сравнения их биомеханических характеристик.

Ключевые слова: клиническая биомеханика, кинематический анализ, врожденный сколиоз, классификация.

Shape and frontal plane orientation of the spine were evaluated in 40 patients with congenital scoliosis by means of kinematics analysis. Six typical forms of the deformities related to a zone of anomaly localization have been differentiated, and their biomechanical characteristics are presented. The atypical forms of spine deformation arising in the presence of additional anomaly zone are revealed. Their comparative biomechanical characteristics are discussed.

Key words: biomechanical characteristics, congenital spine deformities, kinematics analysis.

Попытки разобраться в сложных вопросах этиологии и патогенеза врожденных сколиотических деформаций привели к созданию различных классификаций, основанных на морфогенетическом и клинко-рентгенологическом принципах [3–6]. В настоящее время наибольшее признание в клинической практике получила клинко-рентгенологическая классификация, предложенная Научным обществом по изучению сколиозов – SRS (Scoliosis Research Society, США). В соответствии с этой классификацией сколиотические деформации позвоночника (в том числе и врожденные) различаются по локализации вершины искривления. Выделяются грудные, грудопоясничные, поясничные и пояснично-крестцовые сколиозы, что необходимо для определения тактики лечения [4, 6].

Появление в клинической практике новых высокоинформативных методов исследования [1, 2, 7] создает предпосылки для изучения и оценки врожденных деформаций позвоночника с помощью количественных методов клинической биомеханики.

Нами предпринята попытка с помощью оценить однотипность формы и ориентации позвоночника во фронтальной плоскости при врожденной сколиотической деформации

в соответствии с классификацией SRS. При этом мы выявили существенные различия не только формы и ориентации позвоночника во фронтальной плоскости, но и протяженности первичной и компенсаторных дуг.

Для ликвидации этого несоответствия мы прибегли к более подробно-

му разделению деформаций. Все имевшиеся в нашем распоряжении 33 наблюдения врожденного сколиоза были разделены на шесть групп в зависимости от локализации аномального позвонка, который являлся вершиной деформации (рис. 1).

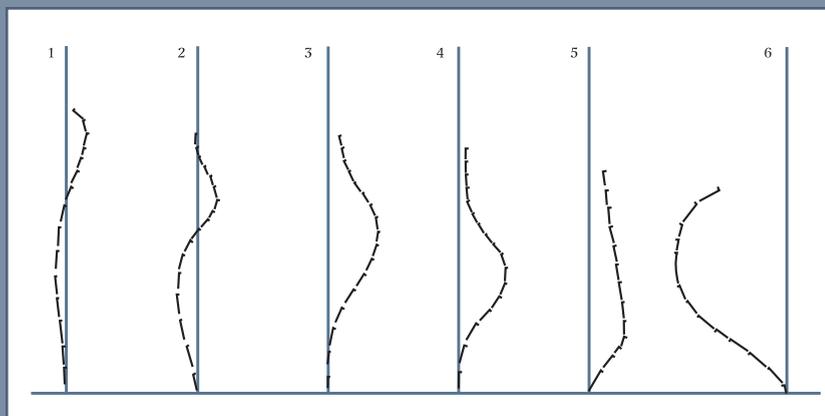


Рис. 1

Форма и ориентация позвоночника во фронтальной плоскости в зависимости от локализации аномалии:

- | | |
|--|--|
| 1 – верхнегрудная Th ₁ –Th ₄ ; | 2 – среднегрудная Th ₅ –Th ₇ ; |
| 3 – нижнегрудная Th ₈ –Th ₁₀ ; | 4 – грудопоясничная Th ₁₁ –Th ₁₂ ; |
| 5 – поясничная L ₁ –L ₅ ; | 6 – пояснично-крестцовая L ₅ –S ₁ |

Таблица 1

Усредненные параметры формы, ориентации и протяженности деформации во фронтальной плоскости при различной локализации аномалий позвоночника ($M \pm m$)

Параметры	Локализация					
	Th ₁ –Th ₄	Th ₅ –Th ₇	Th ₈ –Th ₁₀	Th ₁₁ –Th ₁₂	L ₁ –L ₅	L ₅ –S ₁
Количество позвонков в первичной дуге	5	6	9	6	5	4
Протяженность						
верхней противодуги	–	Th ₁ –Th ₃	Th ₁ –Th ₄	Th ₁ –Th ₈	Th ₅ –Th ₁₁	Th ₁ –L ₁
первичной дуги	Th ₁ –Th ₅	Th ₄ –Th ₉	Th ₅ –L ₁	Th ₉ –L ₂	Th ₁₂ –L ₉	L ₂ –L ₅
нижней противодуги	Th ₆ –L ₃	Th ₁₀ –L ₄	L ₂ –L ₅	L ₃ –L ₅	–	–
Центральный угол, град.						
верхней противодуги	–	–33,0 ± 31,2	–26,7 ± 31,0	–66,0 ± 32,8	–21,3	–156,0
первичной дуги	107,0	124,8 ± 22,4	120,6 ± 19,0	120,7 ± 35,3	87,5	44,2
нижней противодуги	–45,8	–75,8 ± 19,6	–38,9 ± 10,7	–50,7 ± 11,5	–	–
Угол наклона хорды, град.						
верхней противодуги	–	15,6 ± 14,9	20,6 ± 19,7	19,0 ± 16,4	9,9	4,0
первичной дуги	13,2	–3,2 ± 9,8	–5,6 ± 7,4	–12,1 ± 8,6	–18,9	50,0
нижней противодуги	–7,0	–3,4 ± 4,7	–5,6 ± 7,4	–17,4 ± 14,9	–	–
Угол наклона общей оси позвоночника, град.	2,7	0,7 ± 1,7	–0,7 ± 3,0	–3,3 ± 0,7	–6,5	21,8
Количество наблюдений	1	6	14	9	2	1

Знак "минус" отражает величину угла наклона по ходу часовой стрелки и величину центрального угла дуги, открытой влево.

Проведенная статистическая обработка данных позволила получить усредненные параметры, характеризующие форму и ориентацию позвоночника во фронтальной плоскости (табл. 1).

Количество позвонков в первичной дуге деформации изменялось в зависимости от ее локализации. Таким образом, утверждение о том, что врожденная сколиотическая деформация всегда характеризуется очень короткой первичной дугой, может быть поставлено под сомнение, поскольку при груднопоясничной локализации первичной дуги она имеет значительную протяженность.

Анализ параметров, представленных в табл. 1, выявил принципиальные различия формы и ориентации позвоночника во фронтальной плоскости в зависимости от локализации аномалии.

Верхнегрудная Th₁–Th₄ локализация аномального позвонка характеризуется образованием первичной дуги протяженностью от Th₁ до Th₄

позвонка, отсутствием верхней компенсаторной дуги и наличием полой нижней дуги противоискривления, включающей Th₆–L₃ позвонки. Первичная и компенсаторная дуги расположены сторонах от вертикальной линии, восстановленной из основания позвоночника. Наклон хорды дуги нижнего противоискривления составил –7,0°.

Среднегрудная Th₅–Th₇ локализация аномалии характеризуется образованием первичной дуги на протяжении от Th₄ до Th₉ позвонка и двух дуг противоискривления: верхней – от Th₁ до Th₃ и нижней – от Th₁₀ до L₄ позвонков. В 60 % клинических наблюдений верхним концевым позвонком первичной дуги являлся позвонок Th₄, в остальных 40 % случаев Th₅ и Th₆ позвонки. Нижним концевым позвонком первичной дуги в 50 % случаев был позвонок Th₉, в остальных 50 % случаев – Th₇ и Th₁₁ позвонки. При этом наклон хорды нижней дуги противоискривления колеблется в пределах от –12,0°

до 2,2°, что в среднем составляет –3,4° ± 4,7°, т. е. меньше, чем в предыдущей группе. Расположение первичной и нижней компенсаторной дуги на противоположных сторонах от вертикали сохраняется. Величина центрального угла первичной дуги колеблется в пределах от 93,2° до 150,0°, что в среднем составляет 124,8° ± 22,4°. Центральный угол дуги нижнего противоискривления колеблется в пределах от –54,0° до –93,0° и в среднем составляет –75,8° ± 19,6°.

Нижнегрудная Th₈–Th₁₀ локализация аномального позвонка приводит к образованию первичной дуги на протяжении от Th₅ до L₁ позвонков и двух дуг противоискривления: верхней – от Th₁ до Th₄ и нижней – от Th₂ до L₅ позвонков. В 78 % наблюдений верхним концевым позвонком первичной дуги являлся позвонок Th₅, в остальных 22 % случаев – Th₇ и Th₈ позвонки. Нижним концевым позвонком первичной дуги в 57 % случаев был позвонок L₁, в остальных 43 % случаев – Th₁₁ и Th₁₂ позвонки.

Величина центрального угла первичной дуги колеблется в пределах от $67,2^\circ$ до $149,0^\circ$, что в среднем составляет $120,6^\circ \pm 19,0^\circ$. Центральный угол нижнего противоискривления колеблется в пределах от $-38,0^\circ$ до $-89,0^\circ$, что в среднем составляет $-38,9^\circ \pm 10,7^\circ$. Нижняя противодуга и первичная дуга располагаются по одну сторону от вертикали. Наклон хорды нижней дуги противоискривления колебался в пределах от $-3,4^\circ$ до $-19,0^\circ$, что в среднем составило $-5,6^\circ \pm 7,4^\circ$. Различия с аналогичными параметрами в третьей группе статистически достоверны ($p < 0,05$).

Грудопоясничная $Th_{11}-Th_{12}$ локализация аномального позвонка характеризуется образованием первичной дуги на протяжении от Th_9 до L_2 позвонка и двух дуг противоискривления: верхней – от Th_1 до Th_8 и нижней – от L_3 до L_5 позвонка. В 55 % клинических наблюдений верхним концевым позвонком первичной дуги являлся позвонок Th_9 , в остальных 45 % случаев верхним концевым позвонком первичной дуги были Th_8 и Th_7 позвонки. Нижним концевым позвонком первичной дуги в 56 % случаев был позвонок L_2 , в остальных 44 % случаев нижним концевым позвонком первичной дуги были Th_{12} и L_1 позвонки. Расположение нижней противодуги и первичной дуги по одну сторону от вертикали сохраняется. Наклон хорды нижней дуги противоискривления колеблется в пределах от $-61,8^\circ$ до $18,1^\circ$, что в среднем составило $-17,4^\circ \pm 14,9^\circ$. Значение центрального

угла первичной дуги колеблется в пределах от $59,0^\circ$ до $171,5^\circ$, что в среднем составляет $120,7^\circ \pm 35,3^\circ$. Центральный угол нижнего противоискривления колеблется в пределах от $-98,0^\circ$ до $-19,8^\circ$, что в среднем составляет $-50,7^\circ \pm 11,5^\circ$. Различия с аналогичными параметрами в третьей группе статистически достоверны ($p < 0,05$).

Поясничная L_1-L_5 локализация аномального позвонка характеризуется образованием первичной дуги на протяжении от Th_{12} до L_4 позвонков и отсутствием нижней компенсаторной дуги противоискривления. Позвонки, расположенные выше первичной дуги на протяжении Th_5-Th_{11} , сохраняли свое прямолинейное положение, но их ориентация во фронтальной плоскости не соответствовала норме. Весь позвоночник находится по одну сторону от вертикали. При этом наклон хорды слабо выраженной верхней дуги противоискривления колебался в пределах от $1,9^\circ$ до $18,4^\circ$ (среднее значение $9,9^\circ \pm 8,5^\circ$).

Пояснично-крестцовая L_5-S_1 локализация аномального позвонка характеризуется образованием первичной сколиотической дуги от L_2 до L_5 позвонков и формированием на протяжении от Th_1 до L_1 позвонков выраженной дуги верхнего компенсаторного противоискривления. При этом наклон ее хорды составил $4,0^\circ$. Весь позвоночник находится по одну сторону от вертикали, но уже на противоположной от стороны аномалии. Таким образом, было выявлено, что по мере снижения уровня ано-

мального позвонка положение общей оси позвоночника во фронтальной плоскости прогрессивно отклоняется в сторону аномалии, а при локализации на уровне L_5-S_1 оно меняется на противоположное.

Для оценки состояния поясничного отдела позвоночника наиболее информативным является отрезок L_2-L_4 позвонков, т. к. в этой зоне у большинства больных отсутствуют аномалии развития и этот отдел позвоночника может полноценно участвовать в процессе компенсации первичной деформации. Результаты исследования, представленные в табл. 2, позволяют утверждать, что по мере перемещения вершины первичной дуги в каудальном направлении наблюдаются возрастающие изменения всех биомеханических характеристик указанного отрезка поясничного отдела позвоночника, и выключение поясничных сегментов из механизма компенсации приводит к более значительному нарушению баланса туловища.

Наряду с представленными наблюдениями, нами проанализирована форма позвоночника пациентов, имеющих, помимо среднегрудной и нижнегрудной локализации первичной дуги, еще и дополнительную аномалию сегментации позвоночника в нижележащих отделах. Форма и ориентация позвоночника во фронтальной плоскости в этих случаях значительно отличалась от типичной картины (табл. 3; рис. 2, 3).

При атипичном варианте значение центрального угла первичной дуги, центральный угол нижнего проти-

Таблица 2

Усредненные биомеханические параметры поясничного отдела позвоночника при различной локализации аномального позвонка ($M \pm m$)

Параметры	Локализация					
	Th_1-Th_4	Th_5-Th_7	Th_8-Th_{10}	$Th_{11}-Th_{12}$	L_1-L_5	L_5-S_1
Группа	1	2	3	4	5	6
Центральный угол дуги L_2-L_4 , град.	15,2	$-23,0 \pm 5,0$	$-35,4 \pm 5,7$	$-40,9 \pm 6,1$	-45,0	-44,2
Угол наклона хорды дуги L_2-L_4 , град.	7,0	$14,3 \pm 6,2$	$-15,7 \pm 7,2$	$-34,0 \pm 6,4$	-39,1	-50,0
Наклон L_4 позвонка, град.	2,7	$18,0 \pm 5,2$	$-4,2 \pm 4,0$	$-20,7 \pm 7,1$	-41,7	48,2
Количество наблюдений	1	6	14	9	2	1

Таблица 3

Биомеханические параметры типичных и атипичных форм деформаций позвоночника при врожденном сколиозе ($M \pm m$)

Параметр	Среднегрудная деформация		Нижнегрудная деформация	
	типичная	атипичная	типичная	атипичная
Локализация первичной дуги	Th ₅ –L ₁	Th ₄ –Th ₁₁	Th ₉ –L ₂	Th ₄ –Th ₁₂
Центральный угол первичной дуги, град.	120,6 ± 19,0	154,4 ± 21,8	120,7 ± 35,3	138,8 ± 17,6
Центральный угол нижней противодуги, град.	-38,9 ± 10,7	90,5 ± 65,2	-50,7 ± 11,5	-90,5 ± 65,2
Наклон хорды нижней противодуги, град.	-5,6 ± 7,4	-26,5 ± 5,9	-17,4 ± 14,9	-28,0 ± 20,9
Количество наблюдений	14	3	9	3

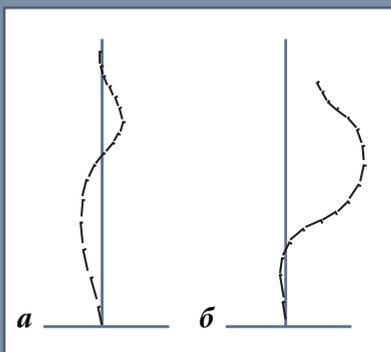


Рис. 2

Форма и ориентация позвоночника во фронтальной плоскости при среднегрудной локализации деформации:

а – типичный вариант;
б – атипичный вариант

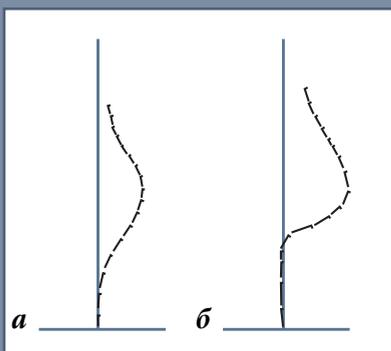


Рис. 3

Форма и ориентация позвоночника во фронтальной плоскости при нижнегрудной локализации деформаций:

а – типичный вариант;
б – атипичный вариант

воискривления и наклон хорды нижней дуги противоискривления были более значительными. По нашему мнению, данная ситуация исключает ряд сегментов из участия в компенсаторной реакции, и эта функция осуществляется за счет меньшего количества сегментов, что получает отражение в их биомеханических характеристиках.

Выделение атипичных форм мы считаем целесообразным, поскольку в этих случаях план оперативного пособия может (должен) отличаться от общих положений.

Выводы

1. Форма и ориентация позвоночника во фронтальной плоскости при врожденной сколиотической деформации определяются уровнем расположения аномального позвонка и величиной центрального угла первичной дуги.
2. Наличие двойной локализации аномалии значительно изменяет форму и ориентацию позвоночника во фронтальной плоскости.
3. Существующая классификация, предложенная SRS, неадекватно отражает возможные варианты фор-

мы и ориентации позвоночника во фронтальной плоскости при различной локализации аномальных позвонков.

4. Наименьшие нарушения биомеханических показателей формы и ориентации позвоночника возникают при верхнегрудной локализации аномального позвонка.
5. Основное количество позвонков первичной дуги деформации располагается по одну сторону от вертикали, количество не является постоянным и прогрессивно увеличивается от 4 до 9 по мере приближения вершины деформации к груднопоясничной локализации, где достигает своего максимума.
6. Для сохранения вертикального положения общей оси позвоночника формируются две дуги противоискривления – верхняя и нижняя, причем величина центрального угла верхней компенсаторной дуги всегда меньше нижней. Наличие компенсаторных дуг, их протяженность и ориентация зависят от локализации аномального позвонка.
7. При верхнегрудной и среднегрудной локализации первичной дуги нижняя компенсаторная дуга располагается на противоположной стороне от средней линии. При локализации вершины первичной дуги ниже позвонка Th₇ происходит дислокация обеих дуг деформации по одну сторону от вертикали, что можно рассматривать как исчерпание компенсаторных возможностей поясничного отдела позвоночника, направленных на поддержание баланса туловища во фронтальной плоскости.

Литература

1. **Гладков А.В.** Клинико-биомеханический анализ в оптимизации диагностики и лечения деформаций позвоночника: Дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск, 1997.
2. **Гладков А.В.** Диагностика патологии позвоночника по биомеханическим параметрам. // V Всерос. конф. по биомеханике: Тез. докл. Н. Новгород, 2000.
3. **Михайловский М.В.** Хирургия врожденных кифозов. Новосибирск, 1994.
4. **Михайловский М.В., Фомичев Н.Г.** Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск, 2002.
5. **Ульрих Э.В.** Аномалии позвоночника у детей. СПб, 1995.
6. **Winter R.B.** Congenital Deformities of the Spine. Georg Thieme Verlag, 1983. P. 17–26.
7. **White A.A., Panjabi M.M.** Clinical Biomechanics of the Spine. Philadelphia, 1990.

Адрес для переписки:

Гладков Александр Вячеславович
630091, Новосибирск,
ул. Фрунзе, 17, НИИТО,
AGladkov@niito.ru

В РАМКАХ КОНГРЕССА СОСТОИТСЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ВЫСТАВКА
МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС

“СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАВМАТОЛОГИИ, ОРТОПЕДИИ: ОШИБКИ И ОСЛОЖНЕНИЯ – ПРОФИЛАКТИКА, ЛЕЧЕНИЕ”

МОСКВА • 2004

5 – 7 октября

1. Ошибки и осложнения при современных технологиях лечения больных с повреждениями и заболеваниями опорно-двигательного аппарата
 - ✓ остеосинтез (накостный, интрамедуллярный, чрескожный);
 - ошибки, осложнения, профилактика и лечение;
 - ✓ эндопротезирование: ошибки, осложнения, профилактика и лечение;
 - ✓ артроскопия: ошибки, осложнения, профилактика и лечение;
2. Профилактика и лечение инфекционных осложнений
 - ✓ раневая инфекция: анализ причин возникновения, профилактика, современная тактика лечения;
 - ✓ проблема госпитальной пневмонии при лечении больных с заболеваниями и повреждениями опорно-двигательного аппарата;
 - ✓ роль антибактериальных препаратов в лечении инфекционных осложнений в травматологии и ортопедии;
3. Профилактика и лечение тромбэмболических осложнений

информационные спонсоры:

“Вестник травматологии, ортопедии
им. Н.Н. Приорова”

“Больница”
“Медицинский экспресс”

“Медицинская газета”
Доктор.ру

“Хирургия
позвоночника”



Министерство здравоохранения РФ
Ассоциация травматологов и ортопедов
Российской Федерации
Российский государственный медицинский университет
Государственное учреждение науки Центральный
научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии имени Н.Н.Приорова
Российский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Р.Р.Вредена
Правительство города Москвы
Департамент здравоохранения города Москвы
Научно-исследовательский институт скорой помощи
имени Н.В.Склифосовского
Медицинский факультет
имени Карла Густава Каруса, Дрезден

адрес секретариата:
117292, Москва, ул. Вавилова, 61, ГКБ № 64
Кафедра травматологии, ортопедии и ВПХ РГМУ
(095) 135-91-64, 135-91-62; e-mail: conf@lycos.ru

место проведения:
Москва, проспект Вернадского, 84
Российская Академия государственной
службы при Президенте РФ

к рассмотрению принимаются
тезисы, отправленные до 30.04.2004

www.traumatic.ru