



# ДИАГНОСТИКА СКОЛИОТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА ПО БИОМЕХАНИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

А.А. Ханаяев<sup>1</sup>, А.В. Гладков<sup>2</sup>, Е.А. Черепанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии

<sup>2</sup>Новосибирский государственный медицинский университет

**Цель исследования.** Обоснование эффективности способа диагностики сколиотических деформаций позвоночника на основе количественных характеристик.

**Методика.** Исследование проводили при помощи сканера позвоночника. Оценка формы позвоночника производилась отдельно в трех плоскостях — фронтальной, сагиттальной и горизонтальной. В автоматическом режиме с помощью разработанной программы производили оценку каждого полученного параметра, в зависимости от значения ему присваивается код. Набор кодов признаков представляет собой код диагноза.

**Результаты.** Данные, полученные при сканировании сколиотически деформированного позвоночника, послужили основой для разработки критериев оценки различных патологических состояний при сколиозе позвоночника по биомеханическим параметрам. Определены формализованные признаки сколиотических деформаций в трех плоскостях. Им соответствуют возможные коды диагнозов, которые необходимы для выявления типа сколиотической деформации. Продемонстрирована сложившаяся схема ортопедического обследования, а также параметры, полученные при сканировании сколиотического позвоночника.

**Заключение.** Преимущество методики сканирования позвоночника заключается в том, что она позволяет без использования рентгенографии оценить форму и пространственную ориентацию позвоночника по нескольким количественным параметрам и установить диагноз в течение нескольких минут.

**Ключевые слова:** сколиоз, диагностика, биомеханические показатели, сканер позвоночника.

DIAGNOSTICS OF SPINAL SCOLIOTIC DEFORMITIES BY BIOMECHANICAL PARAMETERS

A.L. Khanaev, A.V. Gladkov, E.A. Cherepanov

**Objective.** To substantiate the efficacy of scoliotic deformity diagnosis by quantitative parameters.

**Methods.** The examination is performed with spine scanner. The spine is assessed separately in each plane: frontal, sagittal and horizontal. Each parameter is evaluated in automatic mode with developed program and a code is assigned to it depending on its magnitude.

**Results.** Basing on data received by spine scanning the criteria for estimation of various pathologic conditions in spine scoliosis using biomechanical parameters were developed. Formalized signs of scoliotic deformities in three planes are defined with corresponding diagnostic codes necessary for detection of scoliotic deformity type. Both an existing scheme of orthopaedic examination and parameters received at scanning of scoliotic spine are reported.

**Conclusion.** The advantage of spine scanning over clinical and radiological techniques consists in assessment of a shape and a spatial orientation of the spine by several quantitative parameters without radiography, and in ability to formulate diagnosis within several minutes.

**Key Words:** scoliosis, diagnostics, biomechanical parameters, spine scanner.

Hir. Pozvonoc. 2006;(3):71–75.

Клинический метод изучения сколиотических деформаций позвоночника насчитывает несколько сотен лет, на протяжении которых детально исследовалась клиническая картина, течение, прогрессирование, исход деформаций. В настоящее время совершенно очевидно, что в научном плане клинический метод полностью исчерпал себя, хотя в сочетании

с рентгенографией еще остается основным в постановке окончательного диагноза [3].

Рентгенологический метод изучения патологии позвоночника с момента своего появления занял важное место в определении диагноза и разработке тактики лечения сколиозов. Спондилограммы в прямой и боковой проекциях позволяют

определять характер патологии, ее локализацию, выраженность, сбалансированность деформации по отношению к вертикальной линии. Серия функциональных спондилограмм в положении лежа с наклонами и при вертикальной тракции позволяет определить мобильность основной сколиотичес-

кой дуги, компенсаторных противоискривлений и уточнить диагноз [3, 4].

В последние годы в клинической практике наблюдаются попытки снизить лучевую нагрузку на пациента без ущерба для точности диагностики. Это проявилось в создании бесконтактных дистанционных оптических методов количественной оценки формы дорсальной поверхности туловища, которые позволяют осуществить оценку деформации позвоночника по изменениям формы дорсальной поверхности туловища и положению тела пациента в трехмерном пространстве [3].

Относительно недавно появились методы сканирования, с помощью которых проводят оценку формы и пространственной ориентации позвоночника на основе контактного определения координат анатомических ориентиров – комплекс «OrthoScan 2002», устройство «Spinal Mouse 2004», система «Zebris Pointer 2000», комплекс «Сканер позвоночника» [5–8].

Цель исследования – обосновать эффективность способа диагностики сколиотических деформаций позвоночника на основе его количественных характеристик.

### Методика

Сканирование позвоночника производится в положении пациента стоя. Этот вид исследования мы относим к разряду функциональных, так как получаем информацию о позвоночнике в состоянии выполнения им одной из главных своих функций – сохранения ортостатического положения туловища.

Пациент устанавливается в нейтральном вертикальном положении и во время исследования сохраняет неподвижность, что обеспечивается за счет специального приспособления для фиксации туловища (патент на изобретение № 2254057). Исследователь щупом измерительного устройства отмечает точки акромиально-ключичных сочленений, передние верхние и задние верхние

ости подвздошных костей, после чего проводит вдоль позвоночника по линии остистых отростков шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника, дополнительно отмечая границы отделов позвоночника. После этого исследование повторяется в положении максимального сгибания, разгибания, наклонов в стороны и ротации. При необходимости исследование проводится в положении лежа или во время тракции.

С использованием координат точек автоматически рассчитываются угловые и линейные величины, характеризующие форму и ориентацию позвоночника: центральный угол, угол наклона хорды и радиус для каждой дуги позвоночника, сторону искривления, протяженность дуг, тип искривления, мобильность позвоночника. Оценка формы позвоночника производится отдельно в трех плоскостях – фронтальной, сагиттальной и горизонтальной.

Положение границ дуг определяется по их процентному отношению к общей длине позвоночника.

### Результаты и их обсуждение

При оценке сколиотических деформаций обычно прибегают к расчерчиванию рентгенограмм позвоночника в прямой и боковой проекциях [2, 4]. Рентгенографический метод применительно к сколиотическим деформациям имеет ряд специфических недостатков, к которым относятся субъективные ошибки оператора, различие позиции пациента при рентгенографии, плоскостное отражение трехмерной деформации, невозможность распознавания контуров позвонков из-за проекционных наложений при грубых сколиотических деформациях [9]. К тому же многократное рентгеновское облучение в детском и подростковом возрасте может существенно повысить риск развития онкологических заболеваний.

Дополнительную информацию о деформации на ограниченном отрезке позвоночника может дать КТ, недостатком которой является луче-

вая нагрузка на пациента [3]. Наиболее современным вариантом является трехмерная реконструкция позвоночника, которая высоко информативна, но дорога, а потому малодоступна. МРТ используется для получения информации о состоянии спинного мозга и его оболочек, их соотношении с костными структурами без лучевой нагрузки [3]. Помимо этого, в отличие от обзорной рентгенографии, томографические исследования выполняются в положении лежа, что не позволяет определить истинное взаимоотношение позвонков в основном функциональном положении человека и ориентацию позвоночника в пространстве.

Созданная нормативная база данных для программно-аппаратного комплекса «Сканер позвоночника» позволяет разрабатывать диагностические критерии для различных патологических состояний позвоночника [5]. Данные, полученные при сканировании позвоночника со сколиотическими деформациями, послужили основой для разработки критериев оценки различных патологических состояний при сколиозе позвоночника по биомеханическим параметрам (табл. 1).

В автоматическом режиме с помощью разработанной программы производится оценка каждого параметра, в зависимости от этого ему присваивается кодовое значение. Набор кодов признаков представляет собой код диагноза. Оценка полученного кода диагноза данного пациента сравнивается с эталонными кодами диагноза с использованием принципа «замок – ключ». При их совпадении формулируется диагноз.

*Возможные коды диагнозов для выявления типа сколиотической деформации позвоночника:*

1(0), 2(0), 3(0), 4(0), 5(0), 6(0), 7(0), 8(0) – отклонений от нормы не выявлено;

1(0), 2(2), 3(0), 4(0), 5(0), 6(0), 7(0), 8(0) – сколиотической деформации не выявлено, определяется кифотическая деформация позвоночника;

Таблица 1

Формализованные признаки сколиотических деформаций

Значение параметра	Код значения параметра	Интерпретация
1 – центральный угол дуги Th <sub>1</sub> –L <sub>5</sub> во фронтальной плоскости, град.		
от –8,0 до 8,0	0	норма
менее –8,0	–1	левосторонний сколиоз
более 8,0	1	правосторонний сколиоз
2 – центральный угол дуги грудного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости, град.		
от 25,0 до 55,0	0	норма
менее 25,0	1	лордосколиоз
более 55,0	2	кифосколиоз
3 – угол наклона оси позвоночника Th <sub>1</sub> –L <sub>5</sub> во фронтальной плоскости, град.		
от –1,5 до 1,5	0	ориентация позвоночника во фронтальной плоскости не изменена
менее –1,5 и более 1,5	1	субкомпенсированный
менее –3,0 и более 3,0	2	декомпенсированный
4 – локализация дуги A <sub>1</sub> с наибольшим абсолютным значением центрального угла во фронтальной плоскости		
Th <sub>1</sub> –Th <sub>5</sub>	1	верхнегрудной
Th <sub>6</sub> –Th <sub>11</sub>	2	грудной
Th <sub>12</sub> –L <sub>1</sub>	3	грудопоясничной
L <sub>2</sub> –L <sub>5</sub>	4	поясничной
5 – уменьшение центрального угла основной дуги при тракции во фронтальной плоскости, %		
A <sub>1</sub> > 30	1	мобильный
A <sub>1</sub> < 30	2	ригидный
6 – разворот надплечий относительно таза в сагиттальной плоскости, град.		
от –4,3 до 4,3	0	норма
менее –4,3 и более 4,4	1	структуральный сколиоз
7 – центральный угол основной дуги во фронтальной плоскости, град.		
менее 16,0	1	I степень
от 16,0 до 37,0	2	II степень
от 38,0 до 75,0	3	III степень
более 75,0	4	IV степень
8 – наличие дополнительных дуг во фронтальной плоскости		
нет	1	C-образный
выше основной дуги	2	S-образный с верхним противоискривлением
ниже основной дуги	3	S-образный с нижним противоискривлением
выше и ниже основной дуги	4	S-образный с двумя противоискривлениями

1(1), 2(0), 3(2), 4(2), 5(2), 6(1), 7(4), 8(4) – сколиоз правосторонний, декомпенсированный, грудной, ригидный, структуральный, IV степени, с верхнегрудным и поясничным противоискривлением;

1(–1), 2(2), 3(2), 4(3), 5(1), 6(0), 7(3), 8(4) – левосторонний, кифосколиоз, декомпенсированный, грудопоясничной, мобильный, III степени, с грудным и поясничным противоискривлением;

1(1), 2(2), 3(1), 4(1), 5(2), 6(1), 7(3), 8(3) – правосторонний, кифосколиоз, субкомпенсированный, верхнег-

рудной, ригидный, структуральный, III степени, с грудопоясничным противоискривлением;

1(1), 2(1), 3(1), 4(2), 5(1), 6(0), 7(2), 8(4) – сколиоз правосторонний, лордосколиоз, субкомпенсированный, грудной, мобильный, II степени, с верхнегрудным и поясничным противоискривлением.

По мере накопления материала коды диагнозов могут пополняться. Методика может быть использована как в повседневной клинической практике, так и для проведения скрининговых исследований, так как не требует

использования дорогостоящей рентгеновской аппаратуры, специального помещения и подготовки специалистов. Оригинальные детали методики, представлены в виде заявки на изобретение № 2005110466 «Способ диагностики сколиотических деформаций позвоночника».

*Клинический пример. Пациентка И., 14 лет, с идиопатическим неосложненным прогрессирующим декомпенсированным ригидным грудным правосторонним структуральным сколиозом IV степени с верхнегрудным и поясничным противоиск-*

ривлением, с задним правосторонним субтотальным реберно-позвоночным горбом. Диагноз поставлен по данным клинко-рентгенологического обследования.

Сравнение клинко-рентгенологического диагноза, сформулированного опытным вертебрологом, с диагнозом, полученным в результате сканирования позвоночника, выявля-

ет их совпадение (рис., табл. 2). Код диагноза: 1(1), 2(0), 3(2), 4(2), 5(2), 6(1), 7(4), 8(4). Диагноз: сколиоз правосторонний, декомпенсированный, грудной, ригидный, структуральный, IV степени, с верхнегрудным и поясничным противоискривлением.

Для подтверждения адекватности отражения деформации позвоночника с помощью сканера в табл. 3 приве-

дены значения параметров, полученные различными методами, характеризующие позвоночник больной И. Отличие абсолютных величин ряда параметров объясняется различием методик их определения. Соотношение угла Cobb и центрального угла дуги рассчитано с помощью кинематического анализа и определяется коэффициентом 1,5 [1].

Таблица 2

Данные сканирования позвоночника пациентки И.

Параметры	Значение параметра	Код значения параметра
1 — центральный угол дуги Th <sub>1</sub> —L <sub>5</sub> , град.	9,8	1
2 — центральный угол дуги грудного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости, град.	51,0	0
3 — угол наклона оси позвоночника Th <sub>1</sub> —L <sub>5</sub> во фронтальной плоскости, град.	4,6	2
4 — локализация дуги A <sub>1</sub> с наибольшим абсолютным значением центрального угла	Th <sub>8</sub> —L <sub>1</sub>	2
5 — уменьшение центрального угла основной дуги при тракции, %	26	2
6 — разворот надплечий относительно таза в горизонтальной плоскости, град.	4,5	1
7 — центральный угол основной дуги, град.	81,8	4
8 — наличие дополнительных дуг	выше и ниже основной дуги	4

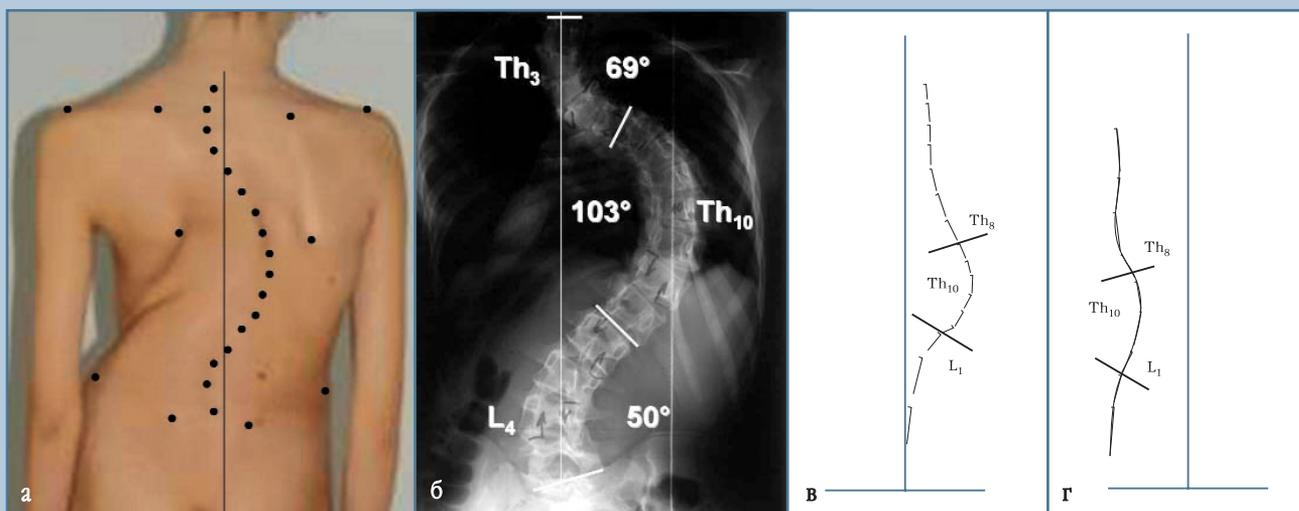


Рис.

Данные обследования позвоночника пациентки И. разными методами:

а — фотография;

б — рентгенограмма;

в — кинематограмма по контуру тел позвонков;

г — сканограмма по остистым отросткам позвонков

Таблица 3

Данные обследования позвоночника пациентки И. разными методами

Параметры	Клиническое обследование	Рентгенография	Кинематография	Сканирование
Протяженность основной дуги	Th <sub>6</sub> –Th <sub>12</sub>	Th <sub>6</sub> –L <sub>1</sub>	Th <sub>8</sub> –L <sub>1</sub>	Th <sub>8</sub> –L <sub>1</sub>
Вершина основной дуги	Th <sub>10</sub>	Th <sub>10</sub>	Th <sub>10</sub>	Th <sub>10</sub>
Протяженность верхней компенсаторной дуги	Th <sub>1</sub> –Th <sub>5</sub>	Th <sub>1</sub> –Th <sub>5</sub>	Th <sub>1</sub> –Th <sub>7</sub>	Th <sub>1</sub> –Th <sub>7</sub>
Вершина верхней компенсаторной дуги	Th <sub>3</sub>	Th <sub>3</sub>	Th <sub>4</sub>	Th <sub>4</sub>
Протяженность нижней компенсаторной дуги	L <sub>1</sub> –L <sub>5</sub>	L <sub>2</sub> –L <sub>5</sub>	L <sub>2</sub> –L <sub>5</sub>	L <sub>2</sub> –L <sub>5</sub>
Вершина нижней компенсаторной дуги	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>
Центральный угол основной дуги по Cobb, град.	—	103,0	168,0	81,8
Центральный угол верхней компенсаторной дуги по Cobb, град.	—	69,0	58,0	11,1
Центральный угол нижней компенсаторной дуги по Cobb, град.	—	50,0	102,0	23,8
Наклон хорды основной дуги, град.	—	—	22,0	6,3
Наклон хорды верхней компенсаторной дуги, град.	—	—	23,7	134,0
Наклон хорды нижней компенсаторной дуги, град.	—	—	25,6	13,4
Наклон общей оси позвоночника Th <sub>1</sub> –L <sub>5</sub> , мм	21,0	18,0	4,2	4,6

## Заключение

Описанная методика является логическим продолжением метода сканирования позвоночника при его различных патологических состояниях, ее использование позволяет получить комплексную современную много-

компонентную оценку сколиотических деформаций позвоночника по объективным параметрам. Преимущество методики сканирования позвоночника состоит в том, что она позволяет без использования рентгенографии оценить форму и пространственную ориентацию позвоноч-

ника по нескольким количественным параметрам и установить диагноз в течение нескольких минут.

## Литература

1. Гладков А.В., Ханаев А.Л. Оценка результатов коррекции сколиотической деформации // Адаптация различных систем организма при сколиотической деформации позвоночника. Методы лечения: Тез. докл. Междунар. симпозиума. Москва, 2003. С. 17–18.
2. Гладков А.В., Пронских И.В. Геометрия позвоночного столба: Актуальные вопросы вертебрыологии. Л., 1988.
3. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск, 2002.
4. Мовшович И.А., Риц И.А. Рентгенодиагностика и принципы лечения сколиоза. М., 1969.
5. Титаренко Я.С., Черепанов Е.А. Оценка формы позвоночника с использованием комплекса «Сканер позвоночника»: Нормативная база // I Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых по вертебрыологии и смежным дисциплинам: Тез. докл. Новосибирск, 2005. С. 7.
6. Castro W.H., Sautmann A., Schilgen M., et al. Noninvasive three-dimensional analysis of cervical spine motion in normal subjects in relation to age and sex. An experimental examination // Spine. 2000. Vol. 25. P. 443–449.
7. Ovardia D., Fragniere B., Dickman D., et al. A new approach for scoliosis assessment preliminary results // EuroSpine-2002. Abstracts of the 4th Annual Meeting of the Spine Society of Europe. Nantes, 2002. P. 114.
8. Mannion A.F., Knecht K., Balaban G., et al. A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature // Eur. Spine J. 2004. Vol. 13. P. 122–136.
9. Morrissy R.T., Goldsmith G.S., Hall E.C., et al. Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. Evaluation of intrinsic error // J. Bone Joint Surg. Am. 1990. Vol. 72. P. 320–327.

Адрес для переписки:  
Ханаев Альберт Леонидович  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе 17,  
НИИТО,  
Niito@mail.cis.ru