

## ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ТУЛОВИЩА И ИНДЕКСОВ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СКОЛИОЗЕ

Федотова З.И., Першин А.А.

*Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им Г.А. Альбрехта,  
Бестужевская ул., 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация*

### Резюме

**Введение.** Сколиотическое искривление позвоночника приводит к комплексной трехплоскостной деформации тела, которую невозможно полноценно оценить при помощи только рентгенологической методики обследования. Предложено много методик оценки результатов лечения данной проблемы, как инструментальных, так и изучающих психологические аспекты восприятия пациентом своего состояния.

**Цель.** Обобщить имеющиеся в настоящее время методы оценки деформации туловища при сколиотической болезни.

**Методология.** Выполнен обзор современной русскоязычной и англоязычной литературы.

**Выводы.** В настоящей работе мы приводим актуальную информацию о методиках оценки деформации туловища у пациентов со сколиозом с указанием основных исследовательских работ, необходимого оборудования, признанности научным сообществом, точности, чувствительности и специфичности методик, корреляции различных методов друг с другом.

**Ключевые слова:** сколиоз, деформация туловища, метрический анализ поверхности туловища, оценка результатов лечения сколиоза.

## A REVIEW OF THE TRUNK SURFACE METRICS USED AS SCOLIOSIS AND OTHER DEFORMITIES EVALUATION INDICES

Fedotova Z.I., Pershin A.A.

*Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled,  
50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation*

### Abstract

**Introduction.** Scoliosis leads to 3D trunk deformity that can't be measured by X-ray method only. Many different methods have been proposed for evaluating the results of scoliosis treatment, both instrumental and those studying the psychological aspects of a patient's perception of their health.

**Aim.** To summarize currently available methods for assessing trunk deformity in scoliosis.

**Methodology.** A review of modern Russian-language and English-language literature.

**Summary.** In this paper we provide relevant information on methods for assessing trunk deformity in patients with scoliosis, indicating the main research work, necessary equipment, recognition by the scientific community, accuracy, sensitivity and specificity of methods, and correlation between different methods.

**Keywords:** scoliosis, scoliosis surgical correction, trunk deformity, trunk surface metric analysis, evaluation of scoliosis treatment.

---

Федотова З.И., Першин А.А. Обзор методов исследования деформации туловища и индексов деформации при сколиозе // *Физическая и реабилитационная медицина*. – 2020. – Т. 2. – № 2. – С. 35-50. DOI: 10.26211/2658-4522-2020-2-2-35-50

Fedotova Z.I., Pershin A.A. A Review of the Trunk Surface Metrics Used as Scoliosis and Other Deformities Evaluation Indices. *Physical and Rehabilitation Medicine*; vol. 2, no. 2, pp. 35-50. (In Russian). DOI: 10.26211/2658-4522-2020-2-2-35-50

Першин Андрей Александрович / Andrei A. Pershin; e-mail: andrew.pershin@gmail.com

## Введение / Introduction

Хотя сколиоз характеризуется в первую очередь искривлением позвоночника во фронтальной плоскости, это сложная трехплоскостная деформация, изменяющая форму всего туловища. Рентгенологическое исследование в основном дает только информацию о положении позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскостях. К тому же, данные рентгенологического исследования сложно использовать для оценки косметического дефекта туловища, а это часто является наиболее важной информацией для пациента и его родственников. Предложено много методик оценки результатов лечения данной проблемы, как инструментальных [1], так и изучающих психологические аспекты восприятия пациентом своего состояния [2–6]. Однако в настоящее время отсутствует комплексная методика оценки результатов как хирургического, так и консервативного лечения сколиоза.

## Цель / Aim

Обобщить имеющиеся в настоящее время методы оценки деформации туловища при сколиотической болезни.

## Методология / Methodology

*Обзор русскоязычной и англоязычной литературы*

Наиболее простые и широко распространенные методы оценки деформации тела — **тест Адамса и измерение сколиометром**. Тест Адамса [7] получил очень широкое распространение в практике выявления сколиотической деформации, при этом использование сколиометра во время проведения теста позволяет не только выявить, но и количественно определить деформацию тела в горизонтальной плоскости (рис. 1).



Рис. 1. Использование сколиометра во время проведения теста Адамса  
Figure 1. The use of scoliometer

Измерение сколиометром проводится в трех зонах: в верхнегрудном отделе (Th3–Th4), среднегрудном отделе (Th5–Th12) и в грудопоясничном отделе (Th12–L1 или L2–L2). Измерение сколиометром равное 0 определяется как симметрия исследуемой зоны. Другие значения сколиометрии оцениваются как асимметрия [8]. Тест Адамса признан очень чувствительным тестом, сравнимым с определением угла Кобба [9]. Однако его чувствительность и специфичность варьирует в зависимости от навыков врача, локализации и величины дуги [10].

Зависимость чувствительности и специфичности теста от степени сколиоза и топографии дуги представлена следующим образом [10, 11]:

- Грудная дуга с углом Кобба > 10°, чувствительность — 74–84%, специфичность — 78–93%;
- Грудная дуга с углом Кобба > 20°, чувствительность — 92–100%, специфичность — 60–91%;
- Поясничная дуга с углом Кобба > 20°, чувствительность — 73%, специфичность — 68%;
- Дуга с углом Кобба > 40°, чувствительность — 83%, специфичность — 99%.

**Угол Кобба** — не менее известный метод оценки деформации. Несмотря на то, что угол Кобба признан золотым стандартом измерения степени искривления позвоночника во фронтальной плоскости на рентгенограммах [12, 13], его использование имеет некоторые ограничения [11, 13]:

1. Угол Кобба характеризует только одну плоскость трехплоскостной деформации.
2. Отсутствует линейная пропорциональность между тяжестью деформации и увеличением угла Кобба отмечено, что у пациентов с двумя сколиотическими дугами деформация во фронтальной и горизонтальной плоскости выражена меньше, чем у пациентов с одной дугой такой же величины по Коббу.
3. При использовании традиционной методики измерения по Коббу вариабельность результатов у одного исследователя составляет 2,8–4,9°, а вариабельность результатов у разных исследователей 6,3–7,2°. Последние достижения в измерениях на цифровых рентген-установках обеспечивают более точные результаты с вариабельностью как у одного, так и у разных исследователей в пределах 1,3° [14].

## Метод моделирования поверхности спины с помощью применения оптической техники / Method for modeling the back surface using optical techniques

Этот метод используется для выявления сколиоза как ценная альтернатива рентгенологическому методу или измерению сколиометром.

С самого начала применения оптических методик стало ясно, что «так как хирурги очень хорошо

знакомы с углом Кобба, введение новых измерений формы тела может быть с трудом воспринято клиницистами» [15]. Это объясняет стремление соотносить параметры поверхности тела с углом Кобба [16, 17, 18, 19]. Через несколько лет исследований стало понятно, что угол Кобба отражает только один аспект трехплоскостной деформации, и корреляция между углом Кобба и параметрами модели тела незначительна [8, 20, 21]. Однако отмечено, что, чем больше угол Кобба, тем более выражены параметры деформации поверхности тела.

Фактически, угол Кобба — не более чем тень двух соседних позвонков. И неясно, чем можно рационально объяснить, почему таким образом построенный угол должен иметь высокую корреляцию с какими-либо параметрами модели тела [22]. Как констатирует Kotwicki: «Когда идет дискуссия о роли поверхностной топографии в оценке состояния туловища у детей с идиопатическим сколиозом, необходимо начать с пересмотра догмы о том, что рентгенологический угол Кобба — единственный золотой стандарт оценки сколиоза» [23].

Моделирование поверхности спины с помощью оптической техники интересно тем, что наглядно демонстрирует косметическое улучшение формы туловища, которую невозможно оценить рентгенологически, в то время как этот параметр очень важен для пациентов и их родителей.

В некоторых случаях именно эстетическая неудовлетворенность формой туловища лежит в основе принятия пациентом решения в пользу хирургической коррекции.

Оптические системы развивались как неинвазивные техники визуализации. Примеры такой системы — метод муаровой топографии [24], техника структурирования света, такая как Система интегрального представления формы (ISIS) [25, 26, 27], система Quantec [27, 28, 29, 30] или сканеры Ortelius [13], устройства, которые сканируют контуры тела

на 360° [21, 31, 32, 33], 3D-сканеры тела (Inspect, Cyberware, TC2, Minolta Vived, Vitus 3D и т.д.).

Takasaki [24] первым использовал технику муаровой топографии, а в дальнейшем были опубликованы работы других исследователей [34, 35, 36, 37, 38]. Муаровая топография характеризуется следующими особенностями [36]:

- отсутствует корреляция между муаровой асимметрией и углом Кобба;
- низкий риск получения ложноотрицательных результатов (высокая чувствительность метода);
- высокий риск получения ложноположительных результатов (низкая специфичность) измерения в оценке сколиоза.

К методу муаровой топографии относится также метод оптической топографии, разработанный исследователями в г. Новосибирске [39, 40]. Метод КомОТ позволяет дистанционно и бесконтактно определять форму поверхности туловища пациента. Принцип его действия прост и состоит в проецировании оптического изображения вертикальных параллельных полос на обследуемую поверхность туловища пациентов с помощью слайд-проектора и регистрации этих полос ТВ-камерой. Изображение спроецированных на тело пациента полос деформируется в соответствии с рельефом его поверхности и несет детальную информацию о ее форме. Такое изображение вводится в цифровой виде в компьютер, где с помощью специальных алгоритмов по нему восстанавливается модель обследуемой поверхности в каждой точке исходного снимка (рис. 2).

По этой модели поверхности и выделенным на ней анатомическим ориентирам костных структур компьютер строит выходные отчетные формы, на которых приводятся графические представления и количественные параметры, описывающие состояние осанки и формы позвоночника в трех плоскостях: фронтальной, горизонтальной и сагиттальной [39, 40] (рис. 3).

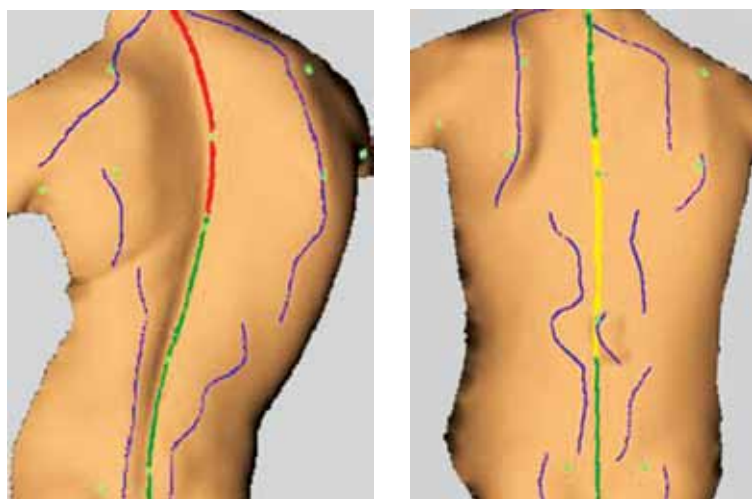


Рис. 2. Модель тела до и после хирургического лечения  
Figure 2. Body surface model before and after surgery

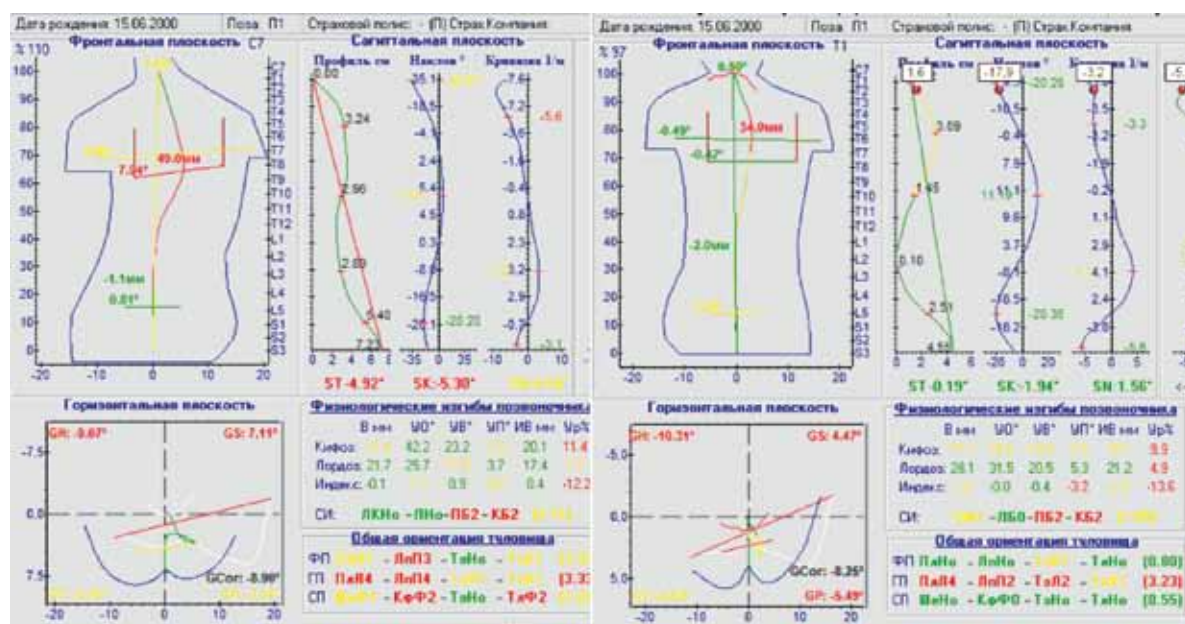


Рис. 3. Графическое описание осанки в трех плоскостях до и после хирургического лечения

Figure 3. Graphs of body posture in three planes before and after surgery

### Индексы оценки сколиоза / Indices of the assessment of scoliosis

В современной медицинской литературе можно найти достаточное количество индексов оценки сколиоза, которые основываются на анализе поверхности спины и в основном измеряются в трех плоскостях (фронтальной, горизонтальной и сагиттальной). Однако не существует целостной взаимосвязанной системы комплексных измерений, соединяющих воедино данные о деформации с использованием сведений об асимметрии анатомических ориентиров и параметров искривления относительно плоскостей и осей тела человека.

Параметры, которые используются для оценки сколиоза можно разделить на две группы: (а) индексы, специфичные по технике измерения. Эти индексы зависят от техник измерения, которые подразумевают, что эти значения нельзя измерить другими методами. К таким показателям относятся, например, углы  $q1$  и  $q2$  в системе QSI, которые формируются тангенсами к аналогичным частям муаровой сетки; очевидно, что эти величины нельзя измерить другими способами. Вторая группа индексов (б) не зависит от техники измерения. Индексы этой группы более полезны, т. к. их можно использовать для оценки сколиоза, не обращая внимания на то, какая техника измерения использовалась для получения трехмерной модели тела. Это, к примеру,

угол ротации тела, который может быть оценен с помощью сколиометра, муаровой техники или любыми другими трехмерными измерениями поверхности.

После многих лет исследований и дискуссий в 2009 году SOSORT (Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment) пришло к соглашению о том, какие параметры результатов исследования поверхности спины наиболее важны при сколиозе. Соглашение опубликовано в виде 6-го консенсуса SOSORT [22] (табл. 1).

Для того чтобы измерения, выполненные в разное время, могли быть сопоставимы, каждое проводимое измерение должно быть независимо от координат или они должны принадлежать к единой системе координат. Первый случай достаточно редкий и относится к измерению области, объема и т. д. Второй случай — частый и, в основном, относится к координатам: углам, дистанциям, и пр. В этом случае нужно установить систему координат, которая будет стабильна между сессиями сканирования.

Попытки установить такую постоянную систему в проекции точек на поверхности спины создают технические трудности и сложны в использовании. В этой ситуации возможно использование «специфичной для тела» системы координат, для чего необходимы стабильные анатомические ориентиры. По результату консенсуса SOSORT определено 10 таких точек (рис. 4).

**Сколиоз: параметры поверхности. 6-й консенсус SOSORT**  
**Scoliosis: surface parameters. 6<sup>th</sup> SOSORT Consensus**

| №   | Заключение / Conclusion   | Пункт / Point                                 | Согласие / Consent |
|-----|---|---|--------------------|
| 1   | Позиция (вид пациента) во время топографии / Position (view of the patient) during topography   | Позиции: стоя прямо                           | 100%               |
| 2   | Анатомические поверхностные ориентиры, принимаемые во внимание комплексно / Anatomical surface landmarks taken into account comprehensively | Вид: спина                                    | 100%               |
|     |   | Остистые отростки                             | 100%               |
|     |   | Задние подвздошные ости                       | 100%               |
|     |   | Плечи   | 100%               |
|     |   | Лопатки                                       | 88,9%              |
| 3   | Параметры поверхности, рекомендуемые для систематического использования / Surface parameters recommended for systematic use                 |   |                    |
| 3.1 | Положение оси тела / Body axis position   | Аналог рентгенологического VCSL               | 100%               |
| 3.2 | Анализ фронтальной плоскости / Analysis of the frontal plane  | Угол искривления                              | 75%                |
|     |   | Плечи   | 66,7%              |
|     |   | Лопатки                                       | 66,7%              |
| 3.3 | Анализ сагиттальной плоскости / Analysis of the sagittal plane  | Соотношение C7 и S1                           | 100%               |
|     |   | Шейный лордоз                                 | 100%               |
|     |   | Грудной кифоз                                 | 100%               |
|     |   | Поясничный лордоз                             | 100%               |
| 3.4 | Анализ горизонтальной плоскости / Analysis of the horizontal plane  | Ротация туловища в области основной дуги      | 100 %              |
|     |   | Ротация туловища в области компенсаторных дуг | 100 %              |



Рис. 4. Анатомические ориентиры, используемые для измерения параметров поверхности спины, предложенные SOSORT [30]:

2 – остистый отросток C7; 8 – остистый отросток L4; 0, 4 – углы акромиона; 1, 3 – верхние углы лопаток; 5, 6 – нижние углы лопаток; 7, 9 – задние верхние подвздошные ости

Figure 4. Anatomical landmarks used for surface measurements introduced by SOSORT [30]:

2 – C7 spinous process; 8 – L4 spinous process; 0, 4 – acromion angles; 1, 3 – upper scapular angles; 5, 6 – lower scapular angles; 7, 9 – posterior superior iliac spines

Те же самые анатомические точки используются многими исследователями [43, 44, 45]. Integrated Shape Imaging System — ISIS [46] — использует также C7/T1 и задние верхние ости подвздошных костей, а также достаточное количество остистых отростков. Похожие, но не такие же, анатомические ориентиры используются в другой системе: The Quantec Spinal Image System — QSI [26, 27] (рис. 5).

QSI основана на растровой стереографии, она использует цветные маркеры диаметром 6 мм, которые крепятся на каждый остистый отросток с T1 до L5, а также задние верхние ости подвздошных костей. Множественные полосы проецируются на заднюю поверхность спины и на область над межъягодичной складкой. Полученное трехмерное изображение оценивается с помощью 12 измерительных параметров.

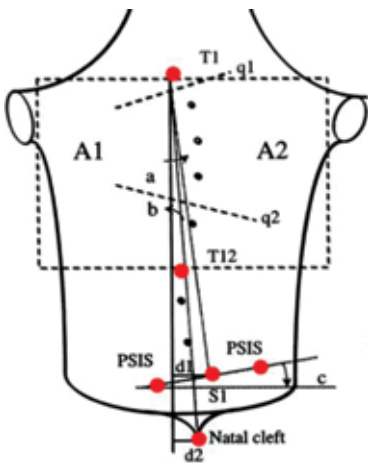


Рис. 5. Анатомические ориентиры, используемые в системе QSI [27]:

T1 — остистый отросток T1; T12 — остистый отросток T12; S1 — остистый отросток S1; NC — межъягодичная складка; PSIS 1, 2 — задние верхние подвздошные ости. Углы q1 и q2 могут быть измерены только методом муаровой топографии

Figure 5. Anatomical landmarks used in QSI [27]:

T1 — T1 spinous process; T12 — T12 spinous process; S1 — S1 spinous process; NC — intergluteal fold; PSIS 1, 2 — posterior superior iliac spine.

The angles q1 and q2 can only be measured using the moiré-topography method

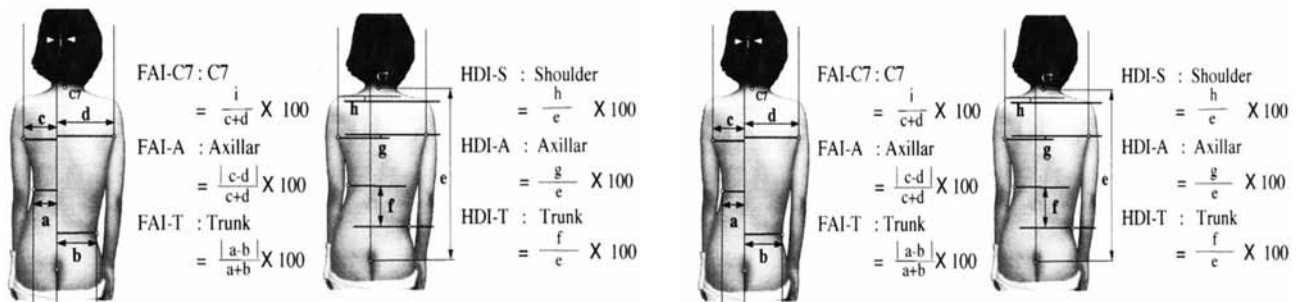


Рис. 6. Анатомические ориентиры, используемые при расчете POTSI [47, 48]:

1 — остистый отросток C7; 2 — левая подмышечная впадина; 3 — правая подмышечная впадина; 4 — вершина левого треугольника талии; 5 — вершина правого треугольника талии; 5 — межъягодичная складка

Figure 6. Anatomical landmarks used in POTSI calculation [47, 48]:

1 — C7 spinous process; 2 — left armpit; 3 — right armpit; 4 — top of the left waist triangle; 5 — top of the right waist triangle; 5 — intergluteal fold



**Индексы деформации во фронтальной плоскости / Indices of deformation in the frontal plane**

Фронтальная плоскость — основная плоскость для измерения деформации спины, к ней относится и определение угла Кобба. Так как угол Кобба может быть определен только рентгенологически, индексы задней поверхности спины были предложены в качестве аналогов угла Кобба. К таким индексам относятся: линия остистых отростков Jaremko [48] и похожие, но качественные индексы в Walter-Reed Visual Assessment Scale — WRVAS [16, 38], основанные на этой линии. Похож на этот индекс и ASY1 [47], также как и индекс латеральной асимметрии, рассчитываемый в системе ISIS [25].

С другой стороны, индексы, предложенные Nault и другими исследователями [49], используют анатомические ориентиры лопаток и плеч для измерения баланса тела, следуя консенсусу SOSORT (рис. 7).

Система ISIS использует индексы нарушения баланса, латеральной асимметрии и объемной асимметрии (рис. 8).

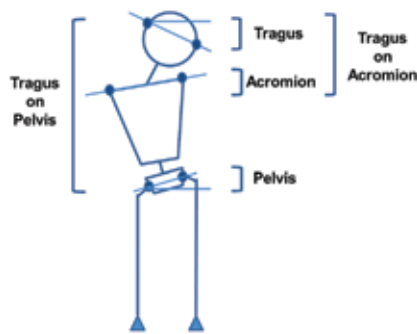


Рис. 7. Индексы, измеряемые во фронтальной плоскости Nault M-L и другими исследователями [44, 49]

Figure 7. Frontal plane indices, according to Nault M-L et al. [44, 49]

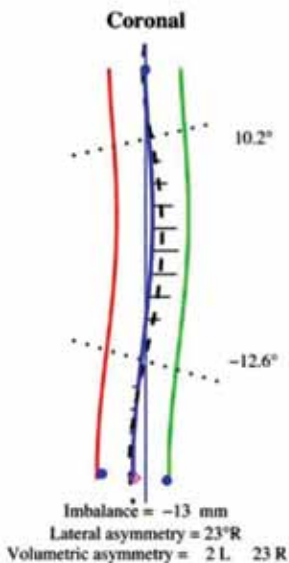


Рис. 8. Индекс латеральной асимметрии в системе ISIS [25]

Figure 8. Lateral asymmetry index in ISIS [25]

Система QSIIS использует серию углов и расстояний, а вышеописанный индекс POTSI отражает асимметрию во фронтальной плоскости.

**Индексы деформации в горизонтальной плоскости / Strain indices in the horizontal plane**

Основной метод измерения деформации в этой плоскости — сколиометрия, а основные индексы, оценивающие деформацию в этой плоскости, — угол ротации туловища или угол наклона туловища — Angle of Trunk Rotation (ATR), и Angle of Trunk Inclination (ATI) [7]. Очень похож на угол ротации туловища поперечный индекс, применяемый в системе ISIS2 [25], где форма поперечного сечения разделена и измеряется на 19 равных секциях (рис. 9).

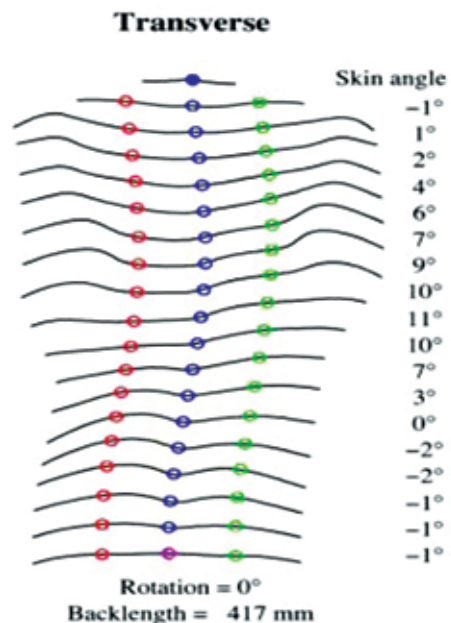


Рис. 9. Поперечный индекс, применяемый в системе ISIS2 [25]

Figure 9. Transverse index in ISIS2 [25]

Распространенный индекс, отражающий деформацию в горизонтальной плоскости, это Suzuki Hump Sum (SHS) [50] — индекс, отражающий разницу между возвышениями поверхности спины в трех областях. Он подразделяется на соответствующие три подындекса (рис. 10).

Kotwicki [51] предложил улучшить SHS, добавив измерения на уровне 17 позвонков (12 грудных и 5 поясничных) и назвал его Sum of Rotation — SoR. Поверхностная осевая ротация в системе QSIIS [26, 27] — это просто угол ротации тела, который можно измерить сколиометром, в то время как DAPI-индекс [52] отражает минимальную и максимальную разницу высот точек тела (рис. 11, 12).

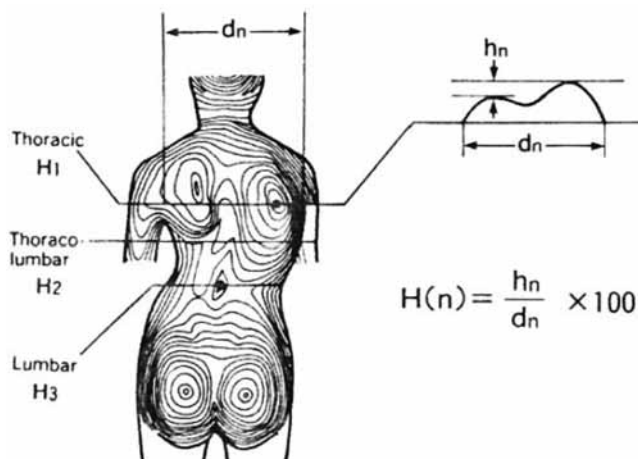


Рис. 10. Индекс Suzuki Hump Sum (SHS) = HIX1 + HIX3 + HIX5 [50]  
Figure 10. Suzuki Hump Sum (SHS) = HIX1 + HIX3 + HIX5 [50]

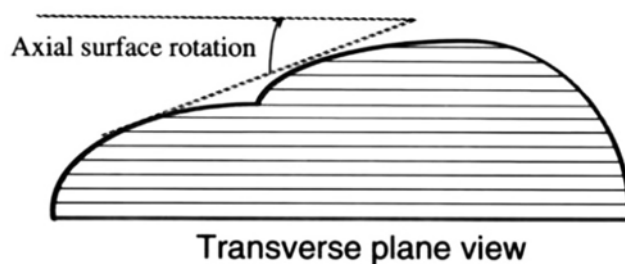


Рис. 11. Индекс QGIS в горизонтальной плоскости [27]  
Figure 11. QGIS Index in axial plane [27]



$$DAPI = \frac{|h_{10} - h_{10'}|}{d_{12}} \times 100 + \frac{|h_{11} - h_{11'}|}{d_{12}}$$

Рис. 12. Индекс деформации в горизонтальной плоскости — DAPI (Deformation of the Axial Plane Index) [27]:  
1 — остистый отросток C7; 2 — вершина межъягодичной складки; 9 — наиболее выступающая точка левой лопатки; 10 — наиболее выступающая точка правой лопатки; 11 — вершина левого треугольника талии; 12 — вершина правого треугольника талии; 10' — точка, симметричная 10, на линии 10–9; 11' — точка, симметричная 11, на линии 11–12.  
*Примечание.* Точки 13 и 14 (наиболее выступающие точки левой и правой ягодицы) используются для контроля расположения пациента. Точки 13 и 14 должны находиться на одинаковой высоте, если пациент правильно расположен  
Figure 12. DAPI (Deformation of the Axial Plane Index) [27]:  
1 — C7 spinous process; 2 — apex of the intergluteal fold; 9 — the most prominent point of the left scapula; 10 — the most prominent point of the right scapula; 11 — the top of the left waist triangle; 12 — the top of the right waist triangle; 10' — point symmetrical to point 10 on line 10–9; 11' — a point symmetrical to point 11 on line 11–12.  
*Note.* Points 13 and 14 (the most prominent points of the left and right buttocks) are used to control the location of the patient. Points 13 and 14 should be at the same height if the patient is correctly positioned

### Индексы деформации в сагиттальной плоскости / Strain indices in the sagittal plane

В литературе описано небольшое количество индексов, которые характеризуют эту плоскость: индекс Nault [49], индекс ISIS [25], QGIS-индекс [27] и Sinoto-индекс [53]; в основном эти индексы описывают локализацию и величину кифоза и лордоза. Дополнительно техника измерения кифотической деформации определяется методом Fleche [54] (рис. 13–17).

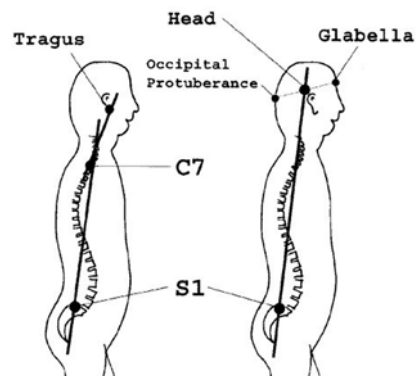


Рис. 13. Индекс Nault в сагиттальной плоскости [49]  
Figure 13. Sagittal plane index by Nault M-L et al. [49]



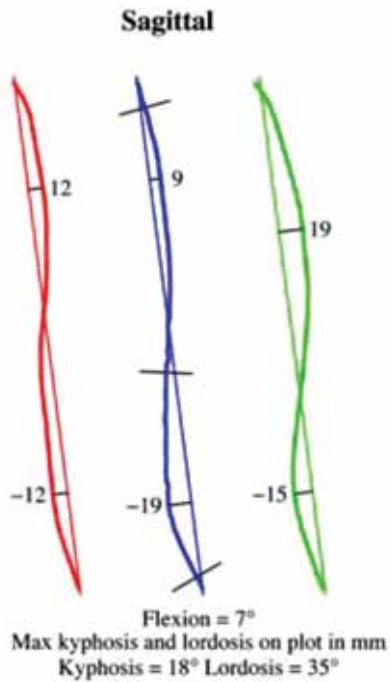


Рис. 14. ISIS2 индекс [34]  
Figure 14. ISIS2 index [34]

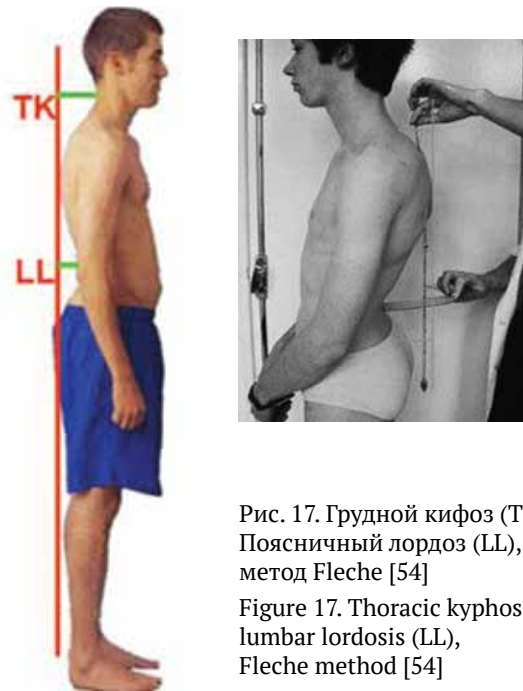


Рис. 17. Грудной кифоз (TK), Поясничный лордоз (LL), метод Fleche [54]  
Figure 17. Thoracic kyphosis (TK), lumbar lordosis (LL), Fleche method [54]

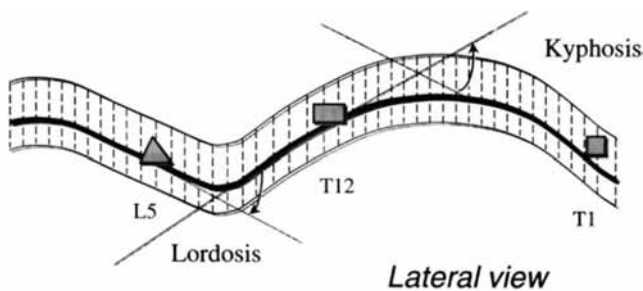


Рис. 15. QGIS индекс в сагиттальной плоскости [26]  
Figure 15. QGIS index in sagittal plane [26]

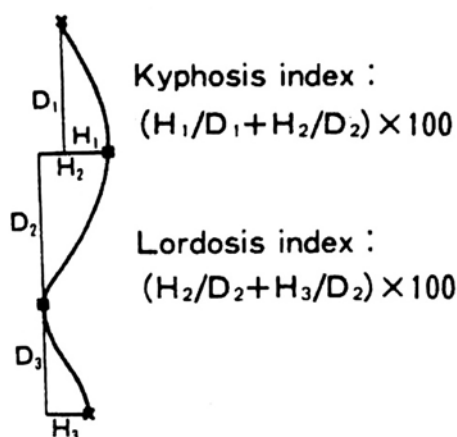


Рис. 16. Sinoto-индекс: индексы кифоза и лордоза [53]  
Figure 16. Sinoto-index: kyphosis and lordosis indices [53]

**Индексы, используемые в методе оптической топографии на установках ТОДП / Indexes used in the method of optical topography on TODP installations**

Поскольку в России наиболее распространены именно оптические системы КомОТ, о которых говорилось выше, отдельного внимания заслуживают индексы, измеряемые с помощью этой техники [39, 40].

Исходя из нашего клинического опыта, эти индексы можно разделить на три группы:

1) индексы, количественно определяющие асимметрию и расположение анатомических ориентиров, — измеряются в градусах или миллиметрах;

2) интегральные индексы деформации, суммирующие отклонения, измеряемые в относительных единицах;

3) сложные индексы, которые описывают асимметрию и расположение анатомических ориентиров не напрямую и которые не всегда легко применить в клинической практике, измеряемые в градусах, миллиметрах или процентах.

1. К первой группе относятся величины как традиционно оцениваемые во время клинического осмотра — угол наклона таза — FP, угол наклона лопаток — FS, угол наклона плеч (измеряется по подмышечным впадинам) — FH, максимальное отклонение остистых отростков от средней линии — SpMax, так и более сложные индексы — баланс тела (положение линии, соединяющей С7 и межъягодичную складку во фронтальной (FT) и сагиттальной (ST) плоскостях в градусах, скручивание плечево-

го пояса относительно горизонтальной оси — GH, скручивание лопаток относительно горизонтальной оси — GS, скручивание таза относительно горизонтальной оси — GP, скручивание плечевого пояса относительно таза — GT (рис. 18).

Индексы, используемые в методе КоМОТ, описывающие расположение анатомических ориентиров во фронтальной и сагиттальной плоскостях: угол наклона таза — FP, угол наклона лопаток — FS, угол наклона плеч (измеряется по подмышечным впадинам) — FH, максимальное отклонение остистых отростков от средней линии — SpMax, баланс тела (положение линии, соединяющей С7 и межъягодичную складку во фронтальной (FT) и сагиттальной (ST) плоскостях [40] (рис. 19).

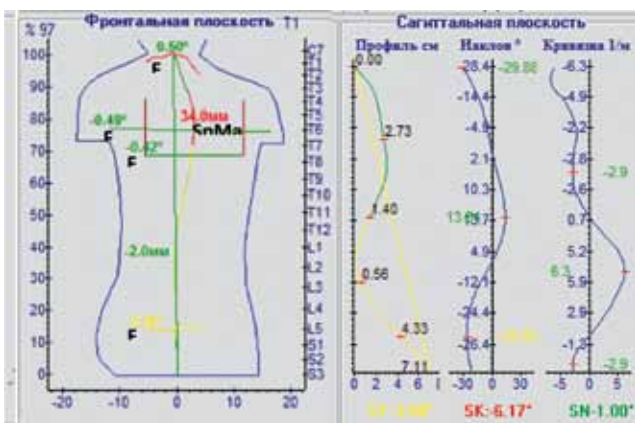


Рис. 18. Индексы 1 группы КомОТ  
Figure 18. 1<sup>st</sup> group indices in Computer Optic Topography (ComOT)

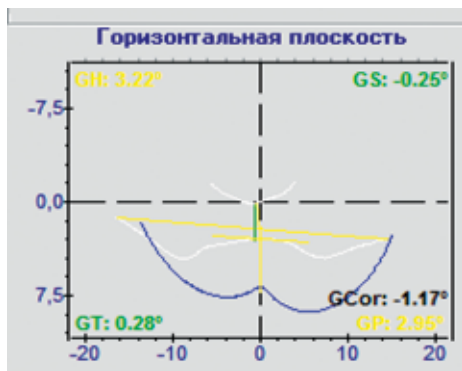


Рис. 19. Индексы КомОТ в горизонтальной плоскости  
Figure 19. Computer Optic Topography (ComOT) indices in horizontal plane

Индексы, используемые в методе КомОТ, описывающие расположение анатомических ориентиров в горизонтальной плоскости: скручивание плечевого пояса относительно горизонтальной оси — GH, скручивание лопаток относительно горизонтальной оси — GS, скручивание таза относительно горизонтальной оси — GP, скручивание плечевого пояса относительно таза — GT [40].

2. К интегральным индексам деформации относятся: РТI — общий интегральный индекс нарушений формы дорсальной поверхности туловища; РТI-DF — интегральный индекс деформации формы туловища во фронтальной плоскости; РТI-DG — интегральный индекс нарушения ориентации в горизонтальной плоскости; РТI-DS — интегральный индекс нарушения ориентации в сагиттальной плоскости;

3. По нашему мнению, наиболее значимым из сложных индексов является индекс VS. Это индекс асимметрии объема, измеряемый в миллиметрах (рис. 20).

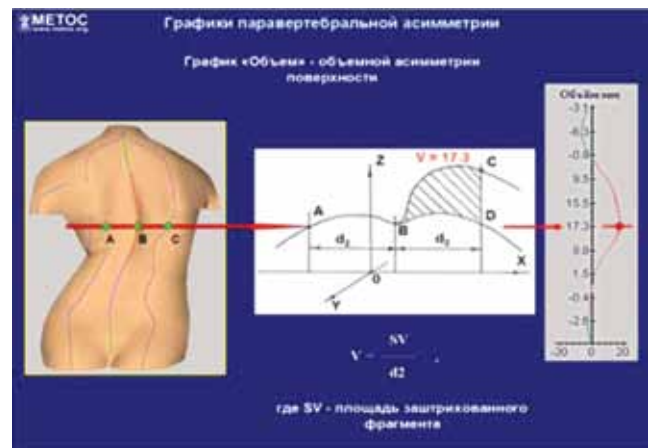


Рис. 20. Индекс асимметрии объема  
Figure 20. Volume asymmetry index

Индекс, используемый в методе КомОТ, описывающий деформацию туловища в горизонтальной плоскости: VS — асимметрия объема паравертебральных тканей (в мм) [40].

Различные индексы демонстрируют совершенно разные отклонения в рамках ошибки исследователя, точности, чувствительности и специфичности. Хотя полноценного сравнения в доступной литературе нами не найдено, мы приводим ряд исследований [6, 52, 50].

Характеристики (вариабельность результатов, точность, чувствительность и специфичность) различных популярных индексов [6, 52, 50] представлены в таблице 2.

**Характеристики различных методов оценки деформации туловища**  
**Peculiarities of different trunk deformity assessment methods**

| Методы оценки деформации туловища / Methods of assessing the deformation of the torso | Вариабельность результатов у одного исследователя / Variability of results in one researcher | Вариабельность результатов у разных исследователей / Variability of results in different researchers | Пороговое значение для сколиоза / Threshold value for scoliosis | Пороговое значение изменений (предложенное Asher [58]) / Threshold value for changes (suggested by Asher [58]) | Чувствительность / Sensitivity | Специфичность / Specificity |
|---|--|--|---|--|--------------------------------|-----------------------------|
| Угол Кобба / Cobb's Corner  | 4  | 7  |   | +/- 5  | высокая                        | низкая                      |
| POTSI   | 5.5  | 6.4  | 28.1  | +/- 8  | низкая                         | высокая                     |
| SHS   | 1.2  | 1.9  | 9.0   | +/- 3.5  | -                              | -                           |
| DAPI  | -  | -  | -   | -  | высокая                        | низкая                      |
| Муаровая оптическая топография / Moire optical topography                             | -  | -  | -   | -  | высокая                        | низкая                      |
| Тест Адамса / The Adams test  | -  | -  | 0   | -  | высокая                        | низкая                      |

**Оценка формы туловища на основе рентгенологических данных / The evaluation of the shape of the trunk based on X-ray data**

Некоторые исследователи считают, что, поскольку оборудование для оптической топографии достаточно дорогое, его повседневное использование непрактично [41]. Исследовательская группа Хармса разработала методику измерения формы туловища с помощью рентгенологического метода. Измеряется угол наклона ключиц (рис. 31), высота плеч, фронтальная декомпенсация (вертикальные линии из центра крестца и из центра позвонка С7), смещение туловища — рис. 21 и 22 [42].

Логическим продолжением оценки рентгенологических параметров деформации туловища у пациентов является выявление связи между формой туловища и качеством жизни пациентов до и после операции.



Рис. 21. Угол наклона ключиц  
 Figure 21. Clavicle angle



Рис. 22. Высота плеч (синие эллипсы), фронтальная декомпенсация (вертикальные линии из центра крестца — желтая — и из центра позвонка C7 — оранжевая), смещение грудной клетки относительно костей таза (белые горизонтальные линии)

Figure 22. Shoulder level (blue ellipses), frontal decompensation (yellow CVSL and orange C7 plumb-line), side-shift of thorax regarding pelvis (white horizontal lines)

### Методы оценки с помощью анкетирования / Methods of assessment using questionnaires

Лечение, результаты которого позитивно оценивает лечащий врач по данным инструментального исследования, но которые не удовлетворяют пациента, сложно назвать успешным. Ожидания пациентов и их удовлетворенность должны иметь первостепенное значение при оценке результатов лечения [25]. Для оценки качества жизни и удовлетворенности лечением у детей со сколиозом исследователи, входящие в сообщество исследования сколиоза SRS (Scoliosis Research Society), разработали опросник SRS-24. Опросник состоит из 24 вопросов, разделенных на 7 равных по значению разделов, определенных факторным анализом: (1) боль; (2) общая самооценка; (3) самооценка после операции; (4) общие функции; (5) общий уровень активности; (6) функции после операции; (7) удовлетворенность. Надежность и достоверность опросника были опробованы на 244 пациентах. Исследования показали, что опросник позволяет проводить оценку качества жизни пациентов со сколиозом в динамике, в том числе по достижении взрослого возраста, и является проверочным инструментом с высокой надежностью, доказав-

шим наличие статистически значимых улучшений через 2 года после операции в нескольких доменах [7, 8]. Опросник SRS-24 был пересмотрен относительно его первоначального варианта с 24 вопросами до варианта с 22 вопросами в 5 доменах (боль; самооценка; функция; психическое здоровье; удовлетворенность лечением), затем предложен новый вариант с изменением формулировки одного из вопросов SRS-22R [4–6].

В систематическом обзоре Rushton [55] приведен анализ оценки качества жизни 3509 пациентов из 8 мультицентровых и 7 моноцентровых исследований через 2 года после хирургического лечения идиопатического сколиоза с применением опросников SRS-22, SRS-22R, SRS-24 и SRS-30. Проведена оценка минимальной клинически значимой разницы с использованием метода, основанного на распределении, в соответствии с публикацией Vago [56]. В послеоперационном периоде наблюдалось статистически значимое уменьшение боли и улучшение самооценки, при этом клинически значимые изменения (т. е. превышающие установленную минимальную клинически значимую разницу) были только в домене самооценки, которая во многом зависит от изменения формы тела. В исследовании Helenius [57] проведена оценка качества жизни (SRS-24) в трех сопоставимых по возрасту и полу группах пациентов, по 49 человек в каждой: 1 — до операции по коррекции сколиоза и через 5 лет после операции; 2 — не оперированные пациенты со сколиозом; 3 — группа здоровых людей. Показатели в домене «самооценка» были статистически значимо выше у пациентов, прошедших хирургическое лечение и в здоровой контрольной группе.

### Выводы / Summary

1. Деформация тела у пациентов со сколиотическим искривлением позвоночника не может быть адекватно оценена при помощи только одной методики обследования. Важную информацию о состоянии поверхности тела могут дать методики, не требующие сложного специального оборудования: сколиометрия, расчёт индекса POTSI, измерение формы туловища на основе рентгенологических данных.

2. Различные индексы демонстрируют совершенно разные отклонения в рамках ошибки исследователя, точности, чувствительности и специфичности.

3. Изменение формы туловища при хирургическом лечении сколиоза приводит к положительным изменениям в оценке качества жизни пациентов.

4. В настоящее время в научном сообществе отсутствует консенсус по комплексной методике оценки сколиотической деформации и результатов ее лечения.

**Этика публикации / Publication ethics.** Все данные являются реальными и подлинными; представленная статья ранее опубликована не была; все заимствования корректны.

**Конфликт интересов / Conflict of interest.** Информация о конфликте интересов отсутствует.

**Источник финансирования / Source of financing.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Литература

1. Patias P., Grivas Th.B, Kaspiris A., Aggouris C., Drakoutos E. A review of the trunk surface metrics used as Scoliosis and other deformities evaluation indices. – *Scoliosis*. 2010; 5: 12. doi: 10.1186/1748-7161-5-12.
2. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B: The reliability and concurrent validity of the scoliosis research society-22 patient questionnaire for idiopathic scoliosis. *Spine* 2003;28:63-69.
3. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B: Scoliosis research society-22 patient questionnaire: responsiveness to change associated with surgical treatment. *Spine* 2003; 28:70-73.
4. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B Discrimination validity of the scoliosis research society-22 patient questionnaire: relationship to idiopathic scoliosis curve pattern and curve size. 2003; 28:74-78.
5. Asher MA, Min Lai S, Burton DC. Further development and validation of the Scoliosis Research Society (SRS) outcomes instrument. – *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Sep 15; 25(18):2381-6.
6. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B: The Influence of Spine and Trunk Deformity on Preoperative Idiopathic Scoliosis Patients' Health related Quality of Life Questionnaire Responses. *SPINE*. 2004, 29 (8): 861-868.
7. Bunnell WP: An objective criterion for scoliosis screening. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1984, 66A (9): 1381-1387.
8. Grivas TB, Vasiliadis ES, Koufopoulos G, Segos D, Triantafyllopoulos G, Mouzakis V: Study of trunk asymmetry in normal children and adolescents. *Scoliosis*. 2006, 1: 19.
9. Cote P, Kreitz BG, Cassidy JD. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test. *Spine*. 1998; 23:796. doi: 10.1097/00007632-199804010-00011.
10. Viviani GR, Budgell L, Dok C, Tugwell P: Assessment of accuracy of the scoliosis school screening examination. *Am J Public Health*. 1984, 74: 497-10.2105/AJPH.74.5.497.
11. Scherl S, Philips W, Torchia M: Clinical, features evaluation and diagnosis of adolescent idiopathic scoliosis. *UpToDate*. 2008.
12. Cassar-Pullicino VN, Eisenstein SM: Imaging in scoliosis: what, why and how? *Clin Radiol*. 2002, 57: 543
13. Dickson RA, Weinstein SL: Bracing (and screening)-yes or no? *J Bone Joint Surg Br*. 1999, 81: 193.
14. Srinivasalu S, Modi H, SMehta S, Suh S-W, Chen T, Murun T: Cobb Angle Measurement of Scoliosis Using Computer Measurement of Digitally Acquired Radiographs-Intraobserver and Interobserver Variability. *Asian Spine Journal*. 2008, 2 (2): 90-93.
15. Petit Y, Aubin CE, Labelle H: Three-dimensional imaging for the surgical treatment of idiopathic scoliosis in adolescents. *Can J Surg*. 2002, 45: 453-458.
16. Bago J, Climent JM, Pineda S, Gilperez C: Further evaluation of the Walter Reed Visual Assessment Scale: correlation with curve pattern and radiological deformity. *Scoliosis*. 2007, 2: 12-10.1186/1748-7161-2-12
17. Pineda S, Bago J, Climent JM, Gilperez C: Validity of the Walter Reed Visual Assessment Scale to measure subjective perception of spine deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2006, 1: 18.
18. Sanders JO, Polly DW, Cats-Baril W, Jones JA, Lenke LG, O'Brien MF, Richards BS, Sucato DJ: Analysis of patient and parent assessment of deformity in idiopathic scoliosis using the Walter-Reed Visual Assessment Scale. *Spine*. 2003, 28: 2158-2163.
19. Weiss HR: Measurement of vertebral rotation: Perdriolle versus Raimondi. *Eur Spine J*. 1995, 4 (1): 34-38.
20. Kotwicki T, Kinel E, Stryla W, Szulc A: Discrepancy in clinical versus radiological parameters describing deformity due to brace treatment for moderate idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2007, 2: 18-10.1186/1748-7161-2-18.
21. Zaina F, Negrini S, Atanasio S: TRACE (Trunk Aesthetic Clinical Evaluation), a routine clinical tool to evaluate aesthetics in scoliosis patients: development from the Aesthetic Index (AI) and repeatability. *Scoliosis*. 2009, 4: 3.
22. Kotwicki T, Negrini S, Grivas Th, Rigo M, Maruyama T, Durmala J, Zaina F: Methodology of evaluation of morphology of the spine and the trunk in idiopathic scoliosis and other spinal deformities – 6th SOSORT consensus paper. *Scoliosis*. 2009, 4: 26.
23. Kotwicki T: Evaluation of scoliosis today: Examination, X-rays and Beyond in *Disability & Rehabilitation. Disability and Rehabilitation*. 2008, 30 (10): 742-751.
24. Takasaki H: Moiré Topography. *Applied Optics*. 1970, 9: 1457-1492.
25. Berryman F, Pynsent P, Fairbank J, Disney Sm: A new system for measuring 3D back shape in scoliosis. *Eur Spine J*. 2008, 17: 663-672.
26. Theologis T, Fairbank JCT, Turner-Smith A, Pantazopoulos Th: Early Detection of Progression in Adolescent Idiopathic Scoliosis by Measurement of Changes in Back Shape With the Integrated Shape Imaging System Scanner. *SPINE*. 1997, 22 (11): 1223-1227.
27. Thometz J, Liu X, Lyon R, Harris G: Variability in Three-Dimensional Measurements of Back Contour with Raster Stereography in Normal Subjects. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2000, 20 (1): 54
28. Goldberg CJ, Kalisz M, Moore DP, Fogarty EE, Dowling FE: Surface, Topography Cobb Angles and cosmetic Change in Scoliosis. *Spine*. 2001, 26 (4): E55-E63.
29. Groves D, Curran P: An accurate, fast and cost effective method for the measurement of body shape and the assessment of spinal deformity. *Proceedings of the 6th international symposium on surface topography and spinal deformity*. Edited by: Alberti A, Drerup B, Hierholzer E. 1992, Gustav Fischer, Stuttgart.
30. Oxborrow N: Assessing the child with scoliosis: the role of surface topography. *Arch Dis Child*. 2000, 83: 453-455.
31. Poncet P, Delorme S, Ronsky JL, Dansereau J, Harder J, Clynch G: Reconstruction of laser-scanned 3D torso topography and stereo-radiographical spine and rib-cage geometry in scoliosis. *Comp Meth Biomech Biomed Eng*. 2000, 4: 59-75.
32. Schmitz A, Gabel H, Weiss HR, Schmitt O: Anthropometric 3D-body scanning in idiopathic scoliosis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2002, 140 (6): 632-6.
33. Sciadra J, De JC, Mauroy G, Rolet R, Kohler JP: Accurate and fast non-contact 3D acquisition of the whole trunk. Three-dimensional analysis of spinal deformities. *Amsterdam NL, Technology and Informatics 15*. Edited by: D'Amico M. 1995, Oxford IOS Press, 81-85.

34. Denton T, Randall F, Deinlein D: The use of instant Moiré Photographs to reduce exposure from scoliosis radiographs. *Spine*. 1992, 17 (5): 509–512.
35. Grivas T, Karras G, Katrabasas J, Papavasiliou N: Study of posterior trunk surface changes by age and sex using moiré topography. *Research into spinal deformities 1*. Edited by: Sevastik J, Diab K. 1997, IOS Press, Amsterdam, 331–334.
36. Sahlstrand T: The clinical value of Moiré Topography in the management of scoliosis. *Spine*. 1986, 11 (5): 409–417.
37. Willner S: Moiré Topography: A method for school screening of scoliosis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1979, 95: 181–185.
38. Willner S: Moiré Topography for the diagnosis and documentation of scoliosis. *Acta Orthop Scand*. 1979, 50: 295–302.
39. Сарнадский В.Н., Садовой М.А., Фомичев Н.Г. Способ компьютерной оптической топографии тела человека и устройство для его осуществления. Заявл. 26.08.96. Евразийский патент № 000111.
40. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г. Мониторинг деформации позвоночника методом компьютерной оптической топографии. – Пособие для врачей МЗ РФ. – Новосибирск, НИИТО – Novosibirsk, Research Institute of traumatology and orthopedics, 2001, 44 p.
41. Goldberg CJ, Grove D, Moore DP, Fogarty EE, Dowling FE. Surface topography and vectors : A new measure for the three dimensional Quantification of scoliotic deformity. *Stud Health Technol Inform* 2006;123:449–455
42. Идиопатический сколиоз. Исследовательская группа Хармса. Руководство по лечению. П.О. Ньютон, М.Ф. О’Брайен, Г.Л. Шаффлбаргер и др. Перевод с английского Н.Ш. Бегмуродовой, под редакцией д.м.н. Н.А. Шестерни. – Издательство Лаборатория знаний, 2019 год. Глава 21.
43. Bendels G, Klein R, Samini M, Schmitz A: Statistical shape analysis for computer aided spine deformity detection. *Journal of WSCG*. 2005, 13(2): 57–64.
44. Duong L, Mac-Thiong J–M, Labelle H: Real time non invasive assessment of external trunk geometry during surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2009, 4: 5.
45. Patias P, Stylianidis E, Pateraki M, Chrysanthou G, Contozis C, Zavitsanakis Th: 3D digital photogrammetric reconstructions for scoliosis screening. *Proceedings of the ISPRS Com. V Symposium, Dresden, Germany, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2006, XXXVI (Part 5): ISSN 1682–1750.
46. Turner–Smith A, Harris JD: ISIS – An automated shape measurement and analysis System. *Proc of 3rd Int Symposium on Surface Topography and Spinal Deformity*, Sept. 27–28 Edited by: Harris
47. Suzuki N, Inami K, Ono T, Kohno K, Asher M: Analysis of posterior trunk symmetry index (POTSI) in Scoliosis: Part 1. *Research into Spinal Deformities 2*. Edited by: Stokes IAF. 1999, Amsterdam: IOS Press, 81–4.
48. Jaremko JL, Poncet P, Ronsky J, Harder J, Dansereau J, Labelle H, Zernicke RF: Indices of torso asymmetry related to spinal deformity in scoliosis. *Clinical Biomechanics*. 2002, 17: 559–568.
49. Nault M–L, Allard P, Hinse S, Le Blanc R, Caron O: Relations Between Standing Stability and Body Posture Parameters in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *SPINE*. 2002, 27 (17): 1911–1917.
50. Suzuki N, Ono T, Tezuka M, Kamilshi S: Moire topography and back shape analysis–clinical application. *International Symposium on 3–D Scoliotic Deformities*. Edited by: Dansereau J. 1992, Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 124–8.
51. Kotwicki T, Kinel E, Chowanska J, Bodnar–Nanus A: POTSI, Hump Sum and Sum of Rotation – new surface topography parameters for evaluation of scoliosis deformity of the trunk. 2008, *Fizjoterapia Polska, Medsportpress*, 3 (4): 231–240. Vol. 8
52. Minguez MF, Buendía M, Cibrián RM, Salvador R, Laguía M, Martín A, Gomar F: Quantifier variables of the back surface deformity obtained with a noninvasive structured light method: evaluation of their usefulness in idiopathic scoliosis diagnosis. *Eur Spine J*. 2007, 16 (1): 73–82.
53. Sinoto A, Ohtsuka Y, Inoue S. In: *Proc. of 4th Int. Symposium on Surface Topography and Spinal Deformity*. Stokes I, Pekelsky J, Moreland M, editor. Mont S. Marie, Quebec, Gustav Fischer Verlag; 1986. Three dimensional analysis of the effect of brace treatment on idiopathic scoliosis; pp. 113–130. ISBN 0–89574–261–6.
54. Stagnara P: *Ambulante orthopaedische behandlung der scheuer–mannschen krankheit im floriden stadium*. Schweiz Med Wschr. 1965, 95: 674.
55. Rushton PR, Grevitt MP. What is the effect of surgery on the quality of life of the adolescent with adolescent idiopathic scoliosis? A review and statistical analysis of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Apr 20;38(9):786–794.
56. Bago J, Perez–Gruoso E J, Les E, et al. Minimal important differences of the SRS–22 Patient Questionnaire following surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2009; 18:1898–904.
57. Helenius L, Diarbakerli E, Grauers A, Lastikka M, Oksanen H, Pajulo O, Löyttyniemi E, Manner T, Gerdhem P, Helenius I. Back Pain and Quality of Life After Surgical Treatment for Adolescent Idiopathic Scoliosis at 5–Year Follow–up: Comparison with Healthy Controls and Patients with Untreated Idiopathic Scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2019 Aug 21;101(16):1460–1466. doi: 10.2106/JBJS.18.01370.

## References

1. Patias P., Grivas Th.B, Kaspiris A., Aggouris C., Drakoutos E. A review of the trunk surface metrics used as Scoliosis and other deformities evaluation indices. – *Scoliosis*. 2010; 5: 12. doi: 10.1186/1748–7161–5–12.
2. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B: The reliability and concurrent validity of the scoliosis research society–22 patient questionnaire for idiopathic scoliosis. *Spine* 2003;28:63–69
3. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B: Scoliosis research society–22 patient questionnaire: responsiveness to change associated with surgical treatment. *Spine* 2003;28:70–73
4. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B Discrimination validity of the scoliosis research society–22 patient questionnaire: relationship to idiopathic scoliosis curve pattern and curve size. 2003;28:74–78
5. Asher MA, Min Lai S, Burton DC. Further development and validation of the Scoliosis Research Society (SRS) outcomes instrument. – *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Sep 15; 25(18):2381–6.
6. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B: The Influence of Spine and Trunk Deformity on Preoperative Idiopathic Scoliosis Patients’ Health related Quality of Life Questionnaire Responses. *SPINE*. 2004, 29 (8): 861–868.
7. Bunnell WP: An objective criterion for scoliosis screening. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1984, 66A (9): 1381–1387.

8. Grivas TB, Vasiliadis ES, Koufopoulos G, Segos D, Triantafyllopoulos G, Mouzakis V: Study of trunk asymmetry in normal children and adolescents. *Scoliosis*. 2006, 1: 19.
9. Cote P, Kreitz BG, Cassidy JD. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test. *Spine*. 1998;23:796. doi: 10.1097/00007632-199804010-00011.
10. Viviani GR, Budgell L, Dok C, Tugwell P: Assessment of accuracy of the scoliosis school screening examination. *Am J Public Health*. 1984, 74: 497–10.2105/AJPH.74.5.497.
11. Scherl S, Philips W, Torchia M: Clinical, features evaluation and diagnosis of adolescent idiopathic scoliosis. *UpToDate*. 2008,
12. Cassar-Pullicino VN, Eisenstein SM: Imaging in scoliosis: what, why and how? *Clin Radiol*. 2002, 57: 543
13. Dickson RA, Weinstein SL: Bracing (and screening)–yes or no? *J Bone Joint Surg Br*. 1999, 81: 193.
14. Srinivasalu S, Modi H, SMehta S, Suh S–W, Chen T, Murun T: Cobb Angle Measurement of Scoliosis Using Computer Measurement of Digitally Acquired Radiographs–Intraobserver and Interobserver Variability. *Asian Spine Journal*. 2008, 2 (2): 90–93.
15. Petit Y, Aubin CE, Labelle H: Three–dimensional imaging for the surgical treatment of idiopathic scoliosis in adolescents. *Can J Surg*. 2002, 45: 453–458.
16. Bago J, Climent JM, Pineda S, Gilperez C: Further evaluation of the Walter Reed Visual Assessment Scale: correlation with curve pattern and radiological deformity. *Scoliosis*. 2007, 2: 12–10.1186/1748–7161–2–12
17. Pineda S, Bago J, Climent JM, Gilperez C: Validity of the Walter Reed Visual Assessment Scale to measure subjective perception of spine deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2006, 1: 18.
18. Sanders JO, Polly DW, Cats–Baril W, Jones JA, Lenke LG, O'Brien MF, Richards BS, Sucato DJ: Analysis of patient and parent assessment of deformity in idiopathic scoliosis using the Walter–Reed Visual Assessment Scale. *Spine*. 2003, 28: 2158–2163.
19. Weiss HR: Measurement of vertebral rotation: Perdriolle versus Raimondi. *Eur Spine J*. 1995, 4 (1): 34–38.
20. Kotwicki T, Kinele E, Stryla W, Szulc A: Discrepancy in clinical versus radiological parameters describing deformity due to brace treatment for moderate idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2007, 2: 18–10.1186/1748–7161–2–18.
21. Zaina F, Negrini S, Atanasio S: TRACE (Trunk Aesthetic Clinical Evaluation), a routine clinical tool to evaluate aesthetics in scoliosis patients: development from the Aesthetic Index (AI) and repeatability. *Scoliosis*. 2009, 4: 3.
22. Kotwicki T, Negrini S, Grivas Th, Rigo M, Maruyama T, Durmala J, Zaina F: Methodology of evaluation of morphology of the spine and the trunk in idiopathic scoliosis and other spinal deformities –6th SOSORT consensus paper. *Scoliosis*. 2009, 4: 26
23. Kotwicki T: Evaluation of scoliosis today: Examination, X–rays and Beyond in Disability & Rehabilitation. *Disability and Rehabilitation*. 2008, 30 (10): 742–751.
24. Takasaki H: Moiré Topography. *Applied Optics*. 1970, 9: 1457–1492.
25. Berryman F, Pynsent P, Fairbank J, Disney Sm: A new system for measuring 3D back shape in scoliosis. *Eur Spine J*. 2008, 17: 663–672.
26. Theologis T, Fairbank JCT, Turner–Smith A, Pantazopoulos Th: Early Detection of Progression in Adolescent Idiopathic Scoliosis by Measurement of Changes in Back Shape With the Integrated Shape Imaging System Scanner. *SPINE*. 1997, 22 (11): 1223–1227.
27. Thometz J, Liu X, Lyon R, Harris G: Variability in Three–Dimensional Measurements of Back Contour with Raster Stereography in Normal Subjects. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2000, 20 (1): 54
28. Goldberg CJ, Kaliszer M, Moore DP, Fogarty EE, Dowling FE: Surface, Topography Cobb Angles and cosmetic Change in Scoliosis. *Spine*. 2001, 26 (4): E55–E63.
29. Groves D, Curran P: An accurate, fast and cost effective method for the measurement of body shape and the assessment of spinal deformity. *Proceedings of the 6th international symposium on surface topography and spinal deformity*. Edited by: Alberti A, Drerup B, Hierholzer E. 1992, Gustav Fischer, Stuttgart.
30. Oxborrow N: Assessing the child with scoliosis: the role of surface topography. *Arch Dis Child*. 2000, 83: 453–455.
31. Poncet P, Delorme S, Ronsky JL, Dansereau J, Harder J, Clynch G: Reconstruction of laser–scanned 3D torso topography and stereo–radiographical spine and rib–cage geometry in scoliosis. *Comp Meth Biomech Biomed Eng*. 2000, 4: 59–75.
32. Schmitz A, Gabel H, Weiss HR, Schmitt O: Anthropometric 3D–body scanning in idiopathic scoliosis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2002, 140 (6): 632–6.
33. Sciandra J, De JC, Mauroy G, Rolet R, Kohler JP: Accurate and fast non–contact 3D acquisition of the whole trunk. Three–dimensional analysis of spinal deformities. *Amsterdam NL, Technology and Informatics 15*. Edited by: D'Amico M. 1995, Oxford IOS Press, 81–85.
34. Denton T, Randall F, Deinlein D: The use of instant Moiré Photographs to reduce exposure from scoliosis radiographs. *Spine*. 1992, 17 (5): 509–512.
35. Grivas T, Karras G, Katrabasas J, Papavasiliou N: Study of posterior trunk surface changes by age and sex using moiré topography. *Research into spinal deformities 1*. Edited by: Sevastik J, Diab K. 1997, IOS Press, Amsterdam, 331–334.
36. Sahlstrand T: The clinical value of Moiré Topography in the management of scoliosis. *Spine*. 1986, 11 (5): 409–417.
37. Willner S: Moiré Topography: A method for school screening of scoliosis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1979, 95: 181–185.
38. Willner S: Moiré Topography for the diagnosis and documentation of scoliosis. *Acta Orthop Scand*. 1979, 50: 295–302.
39. Sarnadskij V.N., Sadovoj M.A., Fomichev N.G. Sposob komp'yuternoj opticheskoj topografii tela cheloveka i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya. [Method of computer optical topography of the human body and device for its implementation]. *Zayavl. 26.08.96. Evrazijskij patent № 000111 – Declared on 26.08.96. Eurasian patent no. 000111 (In Russian)*.
40. Sarnadskij V.N., Fomichev N.G. Monitoring deformacii pozvonocznika metodom komp'yuternoj opticheskoj topografii [Monitoring of spinal deformity by computer optical topography]. *Posobie dlya vrachej Ministerstvo Zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii – Manual for doctors of the Ministry of health of the Russian Federation, Novosibirsk, Research Institute of traumatology and orthopedics, 2001, 44 p. (In Russian)*.
41. Goldberg CJ, Grove D, Moore DP, Fogarty EE, Dowling FE. Surface topography and vectors : A new measure for the three dimensional Quantification of scoliotic deformity. *Stud Health Technol Inform* 2006;123:449–455
42. Idiopathic scoliosis. Harms research group. Treatment guidelines: P.O. Newton, M.F. O'brien, G.L. Shufflebarger, etc. English translation by N. Sh. Begmuradov, edited by M. D. N. And. Gear.– Publishing house Laboratory of knowledge, 2019. Chapter 21.

43. Bendels G, Klein R, Samini M, Schmitz A: Statistical shape analysis for computer aided spine deformity detection. *Journal of WSCG*. 2005, 13(2): 57–64.
44. Duong L, Mac-Thiong J-M, Labelle H: Real time non invasive assessment of external trunk geometry during surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2009, 4: 5.
45. Patias P, Stylianidis E, Pateraki M, Chrysanthou G, Contozis C, Zavitsanakis Th: 3D digital photogrammetric reconstructions for scoliosis screening. Proceedings of the ISPRS Com. V Symposium, Dresden, Germany, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2006, XXXVI (Part 5): ISSN 1682–1750
46. Turner-Smith A, Harris JD: ISIS – An automated shape measurement and analysis System. Proc of 3rd Int Symposium on Surface Topography and Spinal Deformity, 1984, Sept. 27–28 Edited by: Harris
47. Suzuki N, Inami K, Ono T, Kohno K, Asher M: Analysis of posterior trunk symmetry index (POTSI) in Scoliosis: Part 1. Research into Spinal Deformities 2. Edited by: Stokes IAF. 1999, Amsterdam: IOS Press, 81–4.
48. Jaremko JL, Poncet P, Ronsky J, Harder J, Dansereau J, Labelle H, Zernicke RF: Indices of torso asymmetry related to spinal deformity in scoliosis. *Clinical Biomechanics*. 2002, 17: 559–568.
49. Nault M-L, Allard P, Hinse S, Le Blanc R, Caron O: Relations Between Standing Stability and Body Posture Parameters in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *SPINE*. 2002, 27 (17): 1911–1917.
50. Suzuki N, Ono T, Tezuka M, Kamilshi S: Moire topography and back shape analysis—clinical application. International Symposium on 3-D Scoliotic Deformities. Edited by: Dansereau J. 1992, Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 124–8.
51. Kotwicki T, Kinel E, Chowanska J, Bodnar-Nanus A: POTSI, Hump Sum and Sum of Rotation – new surface topography parameters for evaluation of scoliosis deformity of the trunk. 2008, *Fizjoterapia Polska, Medsportpress*, 3 (4): 231–240. Vol. 8
52. Minguez MF, Buendía M, Cibrián RM, Salvador R, Laguía M, Martín A, Gomar F: Quantifier variables of the back surface deformity obtained with a noninvasive structured light method: evaluation of their usefulness in idiopathic scoliosis diagnosis. *Eur Spine J*. 2007, 16 (1): 73–82.
53. Sinoto A, Ohtsuka Y, Inoue S. In: Proc. of 4th Int. Symposium on Surface Topography and Spinal Deformity. Stokes I, Pekelsky J, Moreland M, editor. Mont S. Marie, Quebec, Gustav Fischer Verlag; 1986. Three dimensional analysis of the effect of brace treatment on idiopathic scoliosis; pp. 113–130. ISBN 0–89574–261–6.
54. Stagnara P: Ambulante orthopaedische behandlung der scheuer-mannschen krankheit im floriden stadium. *Schweiz Med Wschr*. 1965, 95: 674.
55. Rushton PR, Grevitt MP. What is the effect of surgery on the quality of life of the adolescent with adolescent idiopathic scoliosis? A review and statistical analysis of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Apr 20;38(9):786–794.
56. Bago J, Perez-Grueso E J, Les E, et al. Minimal important differences of the SRS-22 Patient Questionnaire following surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2009; 18:1898–904.
57. Helenius L, Diarbakerli E, Grauers A, Lastikka M, Oksanen H, Pajulo O, Löyttyniemi E, Manner T, Gerdhem P, Helenius I. Back Pain and Quality of Life After Surgical Treatment for Adolescent Idiopathic Scoliosis at 5-Year Follow-up: Comparison with Healthy Controls and Patients with Untreated Idiopathic Scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2019 Aug 21;101(16):1460–1466. doi: 10.2106/JBJS.18.01370.

Рукопись поступила / Received: 13.03.2020

Принята в печать / Accepted for publication: 22.05.2020

#### Авторы

Федотова Зоя Ивановна, врач травматолог-ортопед 2-го детского травматолого-ортопедического отделения, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, Бестужевская ул., 50, Санкт-Петербург, 195067, reabin@center-albreht.ru, +7(812)4488778, atamankaz@mail.ru, +79500164287.

Першин Андрей Александрович, кандидат медицинских наук, заведующий 2-м детским травматолого-ортопедическим отделением, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, Бестужевская ул., 50, Санкт-Петербург, 195067, reabin@center-albreht.ru, +7(812)4488778, andrew.pershin@gmail.com, +79062754529.

#### Authors

Fedotova Zoya Ivanovna, physician traumatologist-orthopedist of 2nd pediatric trauma and orthopedics department, Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation, reabin@center-albreht.ru, +7(812)4488778, atamankaz@mail.ru, +79500164287.

Pershin Andrei Alexandrovich, MD, PhD in Medical sciences, Head of 2nd pediatric trauma and orthopedics department, Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation, reabin@center-albreht.ru, +7(812)4488778, andrew.pershin@gmail.com, +79062754529.