

## **РЕНТГЕНОГРАФИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОПОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА И ТАЗА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ**

**Гайдук А.А.<sup>1</sup>, Сотникова Е.А.<sup>1</sup>, Агеева Л.Я.<sup>1</sup>, Малкин Р.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет», Санкт-Петербург, e-mail: a\_gaiduk@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБУ ФНЦ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Москва

---

**Функциональные нарушения позвоночника и таза у детей и подростков остаются актуальной проблемой для диагностики и реабилитационного лечения. Методика рентгенографии позвоночника (спондилография) давно используется в медицинской практике и дает основную информацию для диагностики функциональных нарушений со стороны опорно-двигательного аппарата, так как позволяет оценить осанку в естественной позе, а именно в положении стоя. В последнее время находит широкое применение метод компьютерной оптической топографии. Данный метод не связан с использованием ионизирующего излучения и позволяет дистанционно и бесконтактно с помощью ТВ-камеры описывать состояние поверхности туловища и позвоночного столба пациента в трех плоскостях: фронтальной, горизонтальной и сагиттальной. Целью исследования является сравнение данных неионизирующего метода компьютерно-оптической топографии с рентгенографическими показателями в группе детей и подростков, имеющих сходную клиническую симптоматику нарушений опорно-двигательного аппарата. В результате проведенного обследования выявлена высокая степень корреляции показателей, как при первичной диагностике, так и после реабилитационного лечения. Полученные результаты позволили рассматривать компьютерно-оптическую топографию, как неинвазивную альтернативу рентгенографии.**

---

Ключевые слова: рентгенография при сколиозах, оптическая компьютерная топография, перекос таза, опорно-двигательный аппарат.

## **X-RAY ANALYSIS AND COMPUTER OPTICAL TOPOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF FUNCTIONAL DISORDERS OF POSTURE AND PELVIS IN CHILDREN AND TEENAGERS**

**Gaiduk A.A.<sup>1</sup>, Sotnikova E.A.<sup>1</sup>, Ageeva L.Ya.<sup>1</sup>, Malkin R.V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Educational Institution of Higher Professional Education "Saint-Petersburg State Pediatric Medical University", Saint-Petersburg-e-mail: a\_gaiduk@mail.ru;

<sup>2</sup>Federal Research Center of Physical Culture and Sports, Moscow

---

**Functional disorders of the spine and pelvis in children and teenagers remains an urgent problem for the diagnosis and rehabilitation treatment. Methods spine radiography (spondylography) has long been used in medical practice and provides the basic information for the diagnosis of functional disorders of the musculoskeletal system, as it allows to evaluate the posture in a natural position, namely in a standing position. In recent years, it is widely used by computer optical topography. This method is not associated with the use of ionizing radiation and allows you to remotely and without contact by means of TV cameras to describe the state of the surface of the body and the patient's spinal column in three planes: frontal, sagittal and horizontal. The aim of the study is to compare the non-ionizing method of computer optical topography data with radiographic parameters in the group of children and teenagers with similar clinical symptoms of disorders of the musculoskeletal system. As a result, the survey revealed a high degree of correlation indicators both at initial diagnosis and after rehabilitation treatment. The results obtained allowed to consider an optical computer topography as a noninvasive alternative to x-ray.**

---

Keywords: X-ray when scoliosis, an optical computer topography, misalignment of the pelvis, musculoskeletal system.

Методика рентгенографии давно известна и широко используется до настоящего времени при обследовании пациентов с заболеваниями позвоночника. Спондилография дает основную информацию для диагностики функциональных нарушений позвоночника, т.к. позволяет оценить осанку в естественной позе, т.е. положении стоя. Следует отметить, что

высокотехнологичные методики лучевого исследования, такие как мультиспиральная компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, редко применяются для диагностики функциональных нарушений позвоночника и таза у детей, в связи с тем, что они не позволяют проводить исследований в положении стоя. К ним прибегают лишь при наличии болевого синдрома или при подозрении на воспалительные, опухолевые или дегенеративно-дистрофические изменения позвоночника и спинного мозга.

В последнее время находит широкое применение компьютерная оптическая топография (КОТ) – метод трехмерной фотофиксации поверхности спины пациента, не связанный с использованием ионизирующего излучения. Метод позволяет дистанционно и бесконтактно с помощью ТВ-камеры описывать состояние поверхности туловища и позвоночного столба пациента в трех плоскостях: фронтальной, горизонтальной и сагиттальной.

Сравнительному анализу данных КОТ и рентгенограмм уделяется большое внимание [3, 7]. На примере обследования больших групп детей выявили высокую степень корреляции между топографическими и рентгенографическими результатами обследования пациентов с медленно, быстро и непрогрессирующим течением сколиоза. Полученные результаты позволили рассматривать КОТ как неинвазивную альтернативу рентгенографии [6].

По данным нашего исследования, коэффициент корреляции между результатами КОТ и рентгенографии при первичной диагностике функциональных нарушений позвоночника и таза составил от 0,79 до 0,9, а после курса реабилитационного лечения этих нарушений – от 0,61 до 0,91. Такие высокие коэффициенты корреляции были выявлены при сравнении информации, полученной с помощью КОТ и рентгенографии во всех отделах позвоночника, кроме шейного [1].

Причины развития нарушений осанки очень разнообразны, начиная от деформации позвоночника до плоскостопия. По данным различных авторов, наиболее часто выявляемые изменения со стороны осанки и стоп проявляются более чем у трети школьников младших классов. Преимущественно эти нарушения осанки имеют функциональную основу, но в ряде случаев связаны с патологией пояснично-крестцового отдела и области таза [4, 8].

Нормально сформированный позвоночник имеет ряд особенностей. По мере роста ребенка формируются поясничный лордоз и кифоз крестца. Пояснично-крестцовый угол составляет около 140°. Пояснично-крестцовый отдел состоит из пяти поясничных и пяти крестцовых позвонков. Иногда встречаются случаи увеличения или уменьшения количества позвонков из-за люмбализации или сакрализации. Форма и высота межпозвонковых дисков также имеет определенные особенности. К подростковому возрасту последовательно увеличивается высота тел позвонков и межпозвонковых дисков. Тазовое кольцо не всегда бывает симметричным, что зависит от состояния соответствующих отделов позвоночника,

положения подвздошных костей и положения головок бедренных костей в вертлужных впадинах. Другая причина функциональных нарушений позвоночника вызвана разной длиной нижних конечностей и положением таза [5].

Коррекция длины нижних конечностей с помощью ортопедических стелек с компенсатором дает возможность консервативного лечения детей и подростков с функциональными нарушениями позвоночника и таза у [2].

### **Цель исследования**

Оценка информативности метода КОТ при функциональных нарушениях позвоночника и таза у детей и подростков. Определение степени корреляции результатов КОТ с данными рентгенографии при диагностике и лечении этого вида патологии.

### **Материалы и методы**

В течение 2012 г. на базе Консультативно-диагностического центра Санкт-Петербургского педиатрического медицинского университета с помощью аппарата FORMETRIC было обследовано 850 детей и подростков с различными нарушениями опорно-двигательного аппарата (ОДА) в возрасте от 6 до 17 лет. Функциональные нарушения позвоночника и таза выявлены у 723 пациентов, что составило 85% от общего числа обследуемых. Для углубленного сравнительного обследования с помощью рентгенографии была выделена группа детей и подростков в количестве 110 (15%) человек со схожими клиническими проявлениями. У всех 110 пациентов при первичном обращении были жалобы на нарушение осанки, усталость и боли в спине при физических нагрузках. В ортопедическом статусе выявляли косое положение таза, разную длину нижних конечностей, функциональные деформации стоп. Рентгенологически определялась сколиотическая дуга позвоночника с углом Кобба от 5° и более с ротацией позвонков на вершине дуги. Эта группа детей и подростков с функциональными нарушениями позвоночника и таза была отобрана для дальнейшего наблюдения и обследования после подбора ортопедических стелек для коррекции выявленных нарушений.

Характеристика обследованных детей по полу и возрасту представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика детей и подростков по возрасту и полу

Возраст	6-9 лет	9-11 лет	12-15 лет	16-17 лет	Всего
Девочки	10	18	25	6	59
Мальчики	4	15	23	9	51
Всего:	14	33	48	15	110

Пациентам данной группы были выполнены рентгенограммы грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника с использованием отвеса и контрастных меток в

естественной позе стоя и с применением компенсатора под укороченную нижнюю конечность. Высоту компенсатора определяли с помощью КОТ. Рентгенологическое обследование детей сопровождалось рядом метрических построений для изучения статико-динамических характеристик данного отдела позвоночника. Эти показатели предназначались для анализа перспектив использования методов, не связанных с рентгеновским излучением, с целью диагностики функциональных нарушений позвоночника и таза, а также контроля за лечением детей с указанной патологией опорно-двигательной системы.

Для упрощения рентгенометрического анализа рентгенограмм использовали рентгеноконтрастный отвес и контрастные метки, которые располагали на задне-верхних осях гребней подвздошных костей (PSIS) (рис. 1).



*Рис. 1. Рентгенограмма с отвесом и рентгеноконтрастными метками*

Методика обследования проста и не является обременительной для пациента и для персонала рентгенокабинета. Отвес из металлической проволоки с грузом вмонтирован в потолок процедурной. Рентгеноконтрастные метки с помощью пластыря крепятся на теле пациента в проекции анатомических ориентиров, которые позволяют осуществлять пространственно-визуальную оценку имеющейся деформации и являются отправными точками для её количественной оценки.

По полученным рентгенограммам рассчитывали следующие показатели: угол сколиоза по методу Кобба, пояснично-крестцовый угол, высоту стояния гребней подвздошных костей и угол перекоса таза, как представлено на рисунках 2-5.

Для измерения угла отклонения оси позвоночника без компенсации или с компенсацией использовали угол сколиоза, полученный при измерении угла, образованного пересечением касательных к краниальным замыкательным пластинам верхнего и нижнего нейтральных позвонков, как представлено на рисунке 2.



*Рис. 2. Измерение угла отклонения оси позвоночника на рентгенограмме*

Разность высоты стояния гребней подвздошных костей выявляли методом измерения расстояния между самыми высокими выступающими точками гребней подвздошных костей относительно линии горизонта, причем, линия горизонта проводилась в виде перпендикуляра к рентгеноконтрастному (из медной проволоки) отвесу, как представлено на рисунке 3.



*Рис. 3. Измерение высоты стояния гребней подвздошных костей на рентгенограмме*

Измеряли пояснично-крестцовый угол, образованный пересечением линий, проведенных через оси позвонков L5 и S1, как представлено на рисунке 4. Данное измерение информативно в отношении спондилолистеза и важно у пациентов с гиперлордозом.



*Рис. 4. Измерение пояснично-крестцового угла на рентгенограмме в боковой проекции*

Угол перекоса таза (ABC) определяли с помощью ряда построений, основанных на проведении линии горизонта и касательной к гребням подвздошных костей, как представлено на рисунке 5. Модификация построения этого угла может быть выполнена с помощью дополнительных приспособлений – рентгеноконтрастного отвеса и контрастных меток, которые упоминались ранее.



*Рис. 5. Измерение угла перекоса таза на рентгенограмме*

## **Результаты**

Количество больных, у которых встречаются выявленные методом КОТ различные функциональные нарушения позвоночника и таза, представлено в таблице 2.

Таблица 2

Количество больных с выявленными методом КОТ проявлениями  
функциональных нарушений позвоночника и таза

Нарушения во фронтальной плоскости		Нарушения в сагиттальной плоскости	Перекося таза	
Грудной отдел	Поясничный отдел		влево	вправо
91 пациент	110 пациентов	36 пациентов	83 пациента	27 пациентов
83%	100%	33%	75%	25%

Частота встречаемости тех или иных проявлений функциональных нарушений различных отделов позвоночника и таза у наблюдаемых больных, полученная по данным рентгенографии, продемонстрирована в таблице 3.

Таблица 3

Количество больных с выявленными рентгенографически проявлениями  
функциональных нарушений позвоночника и таза

Отклонение оси		Изменения в сагиттальной плоскости	Перекося таза	
Грудной отдел	Поясничный отдел		Влево	Вправо
74 пациента	100 пациентов	26 пациентов	77 пациента	33 пациентов
67%	91%	24%	70%	30%

Далее нами был проведен анализ степени корреляции ряда метрических показателей, полученных с помощью КОТ и рентгенографии. При наличии изменения пространственного положения тела во фронтальной плоскости коэффициент корреляции составил +0,81, в сагиттальной – -0,72, а при перекосях таза – +1,0.

На примере группы пациентов (10 человек) было проведено сравнение величины сколиотической дуги в градусах, измеренной с помощью КОТ (угол латеральной асимметрии) и рентгенометрически (угол сколиоза по Коббу), и определено положение ее вершины (апекса). Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты топографических и рентгенометрических данных пациентов,  
сравнительная характеристика

№ п/п	Степень сколиоза	Сторона	Уровень	Данные КОТ		Данные рентгенографии	
				Угол латеральной асимметрии, град.	Апекс	Угол сколиоза, град.	Апекс

1	I	Правая	ГП	7	Th11	9	Th11
2	I	Правая	ГП	5	Th12	6	Th11
3	I	Левая	П	8	L3	7	L2
4	I	Левая	П	7	L2	10	L1
5	I	Левая	ГП	9	T10	11	Th9
6	I	Левая	ГП	4	T11	5	T10
7	II	Правая	ГП	13	T12	14	T12
8	II	Левая	П	16	L3	15	L2
9	II	Левая	ГП	15	Th10	16	Th10
10	II	Левая	ГП	12	Th10	14	Th11

Примечание: ГП – груднопоясничная дуга; П – поясничная дуга; Th, L – обозначение грудных и поясничных позвонков.

Для иллюстрации результатов нашего исследования представляем клинический пример пациента с функциональными нарушениями позвоночника и таза.

Клиническое наблюдение: Пациент Г., 15 лет. Жалобы на усталость в спине при физических нагрузках, асимметрию осанки.

При осмотре ортопед выявил асимметрию «треугольников» талии, правостороннюю груднопоясничную дугу, перекос таза вправо, усиление физиологических изгибов позвоночника в сагиттальной плоскости. Было рекомендовано выполнить КОТ для подтверждения выявленных при осмотре нарушений осанки.

После выполнения КОТ больному, находящемуся в естественной позе, на топограмме (рис. 6а) визуализируется правостороннее сколиотическое искривление оси позвоночника и перекос таза вправо. На топограмме в режиме измерения угла латеральной асимметрии – аналога угла Кобба (рис. 6б) определяется деформация позвоночного столба на уровне груднопоясничного отдела позвоночника до 17°.



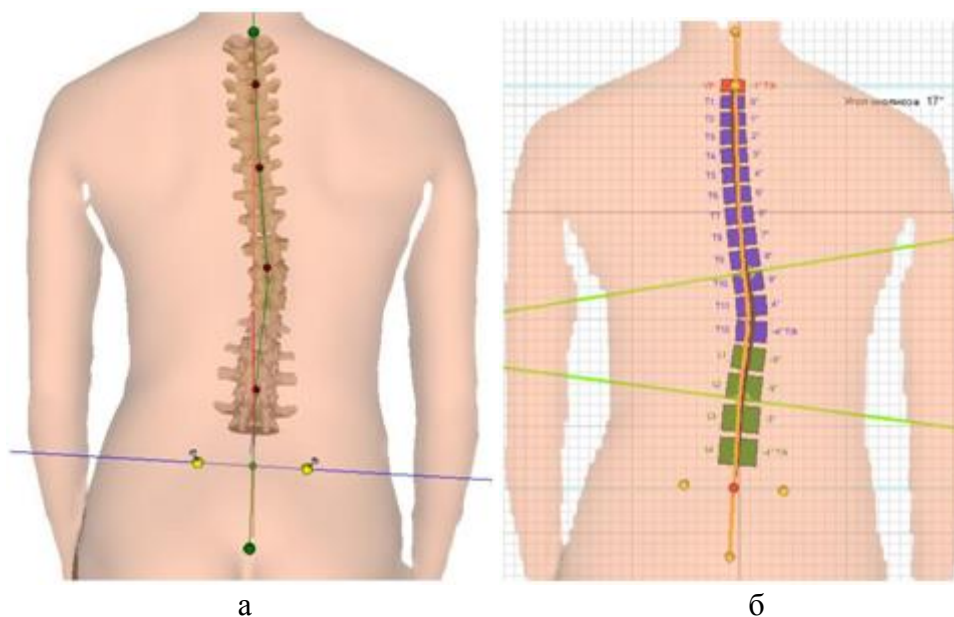
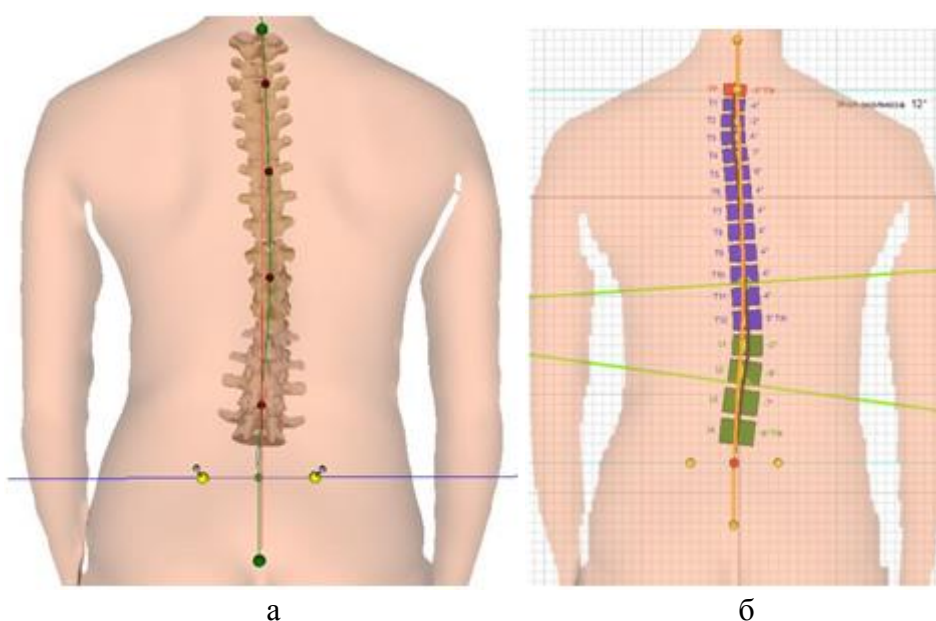


Рис. 6. Топограммы позвоночника пациента Г., 15 лет:

*а – в естественной позе, б – в естественной позе в режиме измерения угла латеральной асимметрии (аналога угла Кобба)*

В процессе выполнения КОТ врач-ортопед подобрал оптимальную высоту компенсатора (+0,6 см) под правую нижнюю конечность для исправления перекаса таза и деформации позвоночного столба. На рисунке 7а представлена топограмма задней поверхности туловища больного, на которой четко видно, что компенсация длины правой нижней конечности на +0,6 см позволила ликвидировать перекас таза вправо. На топограмме в режиме измерения аналога угла Кобба (рис. 7б) фиксируется уменьшение степени искривления позвоночного столба на груднопоясничном уровне с 17° до 12°.



*Рис. 7. Топограммы позвоночника пациента Г., 15 лет: а – в естественной позе при компенсации +0,6 см справа, б – естественной позе с компенсацией +0,6 см справа в режиме измерения угла латеральной асимметрии (аналога угла Кобба)*

Подробно все параметры топографических данных пациента Г., 15 лет, в естественном положении и с компенсатором +0,6 см под правую стопу представлены в таблице 5.

Таблица 5

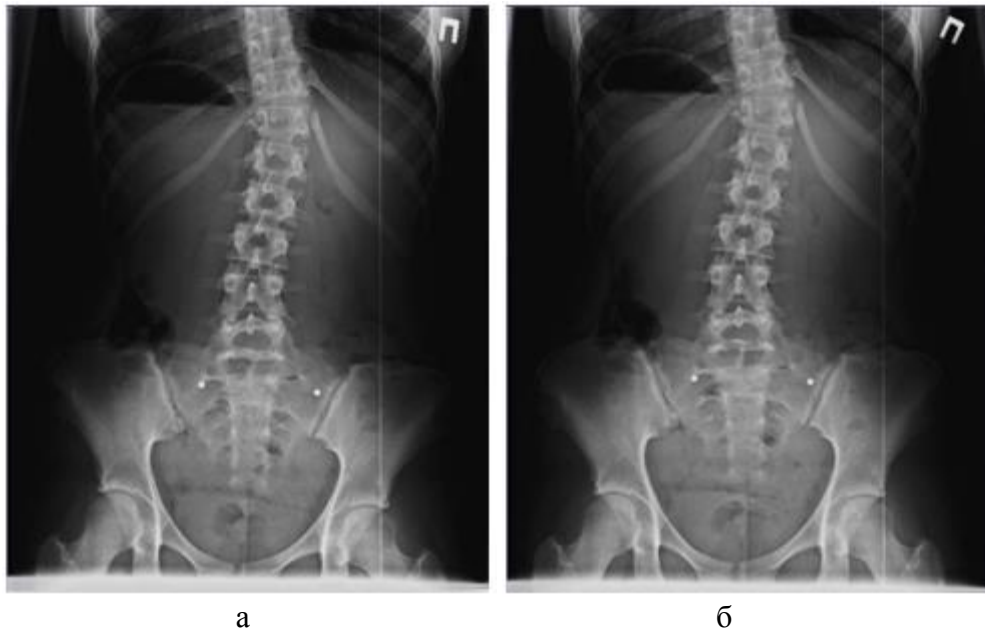
Результаты топографических данных пациента Г., 15 лет, сравнительная характеристика в естественной позе и с компенсацией +0,6 см справа

Без компенсации	С компенсацией +0,6 см справа
Отклонение от центральной линии C7-DM, мм	
2 mm R	3 mm R
Перекокс таза (DL-DR), град.	
4° L	0°
Перекокс таза (DL-DR), мм	
6 mm L	0 mm
Скручивание таза (DL-DR), град.	
4° L	4° L
Угол кифоза CTh-ThL (макс.), град.	
39,4°	44,5°
Угол лордоза ThL-LS (макс.), град.	
45,3°	49,4°
Боковое отклонение C7- DM вправо (+макс.), мм	
17 mm R	12 mm R
Боковое отклонение C7- DM влево (-макс.), мм	
0 mm L	2 mm L

Примечание: R – справа, L – слева, mm – мм, DL, DR – автоматически определяемые анатомические ориентиры для выявления перекокса таза, тазового наклона, скручивания таза.

После выполнения КОТ врач-ортопед в связи с выявленной сколиотической деформацией 2-й степени назначил рентгенологическое обследования позвоночника для визуализации его структуральных изменений. Было сделано 2 рентгенограммы. Обе выполнялись стоя в прямой проекции с захватом грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника, первая – в естественном положении, вторая – с компенсатором высотой 0,6 см под правую нижнюю конечность.

На рисунке 8а представлена рентгенограмма в прямой проекции без компенсации: ось позвоночника отклонена вправо на уровне Th9-L3, угол Кобба – 20°, высота стояния гребней подвздошных костей – D<S на 0,7 см. Угол перекокса таза по отвесу составил 4°, по меткам – 3°. Ротация позвонков на вершине деформации – II степень.



*Рис. 8. Рентгенограммы позвоночника пациента Г., 15 лет: а – в естественной позе, б – при компенсации +0,6 см справа*

На рентгенограмме в прямой проекции с компенсацией +0,6 см справа (рис.8б): ось позвоночника отклонена вправо на уровне Th9-L3, угол Кобба составляет 17°, высота стояния гребней подвздошных костей – D<S на 0,5 см. Угол перекаса таза по отвесу снизился до 2°, по меткам – до 1°. Ротация позвонков на вершине деформации – I степень.

Проведя анализ полученных объективных данных о статическом взаиморасположении позвоночника и таза, а также оценив их динамическую реакцию на компенсатор и не выявив значительных структуральных изменений со стороны позвоночника, врач-ортопед рекомендовал разновысокие ортопедические стельки-супинаторы с компенсацией +0,6 см под правую нижнюю конечность. Данная высота является оптимальной с биомеханической точки зрения, так как не только выравнивает фронтальный перекас таза, но и уменьшает боковое отклонение оси позвоночника вправо. На весь период ношения разновысоких стелек (5-6 месяцев) была рекомендована реабилитационная программа, включающая в себя учебно-коррекционную лечебную гимнастику, дифференцированный массаж, аквааэробику и БОС-терапию.

### **Обсуждение**

Методы рентгенологического исследования опорно-двигательного аппарата (ОДА) в зависимости от целей могут быть подразделены на две основные группы: рентгеноанатомические и рентгенофункциональные. К числу первых из них относят стандартное рентгеноанатомическое исследование с рентгенометрической диагностикой. Изучение статико-динамических характеристик ОДА осуществляется с помощью рентгенофункциональных исследований. В монографии В.И. Садофьевой подчеркивается

важность применения не только комплекса рентгенологических исследований для диагностики нарушений со стороны позвоночника у детей и подростков, но и важность оптимизации тактики при рентгенофункциональных исследованиях с целью уменьшения лучевой нагрузки на растущий организм ребенка [5]. Функциональные нарушения со стороны позвоночника и таза – наиболее частый вариант неструктурных деформаций, поддающихся коррекции. При длительном существовании и неустановленной причине неструктурных деформаций возможно развитие необратимых изменений с приобретением деформаций структурного характера [9].

По нашим данным, эффективность программного подхода к организации физической реабилитации обусловлена персонализацией комплекса применяемых средств, их однонаправленным и взаимно дополняющим действием. Нелучевой инструментальный мониторинг дает возможность объективно оценить функциональную составляющую двигательного стереотипа между позвоночником и тазом, в том числе в динамике. Выбор адекватной методики коррекции выявленных функциональных нарушений осанки у детей и подростков является профилактикой структуральных изменений в позвоночнике.

#### **Выводы:**

1. Метод КОТ является достаточно информативным при обследовании детей и подростков с функциональными нарушениями позвоночника и таза, так как между данными КОТ и рентгенографией позвоночника и таза выявляется высокая степень корреляции.

2. Учитывая, что рентгенографическое исследование сопровождается лучевой нагрузкой на растущий организм ребенка, его следует применять только по строгим показаниям. Поэтому целесообразно шире использовать метод КОТ, который в настоящее время является незаменимым для мониторинга и контроля проводимых реабилитационных мероприятий у детей и подростков с функциональными нарушениями позвоночника и таза, так как сочетает в себе высокую информативность и безопасность. Возможность проведения повторных исследований без риска для здоровья детей и подростков позволяет максимально оптимизировать процесс лечения и реабилитации, своевременно проводить коррекцию лечебно-профилактических мероприятий.

#### **Список литературы**

1. Гайдук А.А., Потапчук А.А. Диагностика, классификация и медицинская реабилитация функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата у детей и подростков. – С-Пб.: Эко-вектор, 2013. – 126 с.

2. Ишал В.И. Ортоспондилография и так называемый физиологический сколиоз // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1983. – № 5. – С. 6-20.
3. Малахов О.А., Цыкунов М.Б., Федорова С.Л. Диагностика статических деформаций позвоночника методами фотографической топометрии: сравнительная оценка // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова – 2007. – № 1. – С.60-65.
4. Орел А.М. Системный анализ рентгенограмм позвоночника. – М.: Логос, 2001. – 100 с.
5. Садофьева В.И. Рентгенофункциональная диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата у детей. – Л.: Медицина, 1986. – С.219-220.
6. Сарнадский В.Н. Компьютерно-оптическая топография. Объективная диагностика структуральных сколиозов – неинвазивная альтернатива рентгену // Поликлиника. – 2008. – № 4. – С.30-32.
7. Сотникова Е.А., Гайдук А.А., Бобко А.Я. Рентгенография как метод диагностики при статических нарушениях позвоночника и таза у детей и подростков // Медицинская визуализация. – 2012. – № 1. – С.108-114.
8. Суслова Г.А., Львов С.Н., Земляной Д.А. Особенности состояния здоровья и физического развития школьников Санкт-Петербурга» // Педиатр. – 2013.–Т.4, №1. – С.26-32.
9. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. Вертебродология в терминах, цифрах, рисунках. – С-Пб.: Элсби-СПб, 2002. – С.60-61.