

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОПОГРАФИЯ. ОБЪЕКТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСЕРВАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ СКОЛИОЗА - НЕИНВАЗИВНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА РЕНТГЕНУ

Владимир Николаевич Сарнадский, к.т.н., академик АМТН РФ
Ирина Леонидовна Трегубова, к.м.н.
ООО "МЕТОС", школа-интернат №133 г.Новосибирск

Структуральный сколиоз - боковое искривление позвоночника со скручиванием вокруг продольной оси - является наиболее серьезным ортопедическим заболеванием детей и подростков, имеющим последствия в виде косметического дефекта осанки и деформации грудной клетки с нарушением функций легких и сердечно-сосудистой системы и с возможными неврологическими осложнениями [1]. Эффективность лечения этой тяжелой патологии во многом зависит от своевременного начала и правильно выбранной тактики лечения, что, в свою очередь, требует объективных методов диагностики сколиоза и контроля за его динамикой в процессе лечения. До недавних пор единственным объективным способом количественной оценки тяжести сколиоза была рентгенография позвоночного столба. Однако, лучевая нагрузка, связанная с этим обследованием, не безвредна для растущего организма ребенка, что ограничивает возможности его частого применения для контроля результатов лечения больных сколиозом. Новые возможности объективной оценки состояния таких больных появились с внедрением в медицину бесконтактных методов оптической топографии, начиная с метода муаровой топографии [2]. В Новосибирском НИИТО - Республиканском центре хирургии позвоночника - в 1994г. был разработан метод КОМПьютерной Оптической Топографии (КОМОТ) [3]. На его основе создана первая отечественная медицинская оптико-электронная система, допущенная МЗ РФ к применению в медицинской практике в 1996г. под названием ТОДП - топограф оптический деформаций позвоночника. Основным достоинством этого метода является абсолютная безвредность для пациентов и обслуживающего персонала, так как при обследовании пациентов используется только источник освещения оптического диапазона. Метод получил широкое распространение в России. К середине 2006г. 110 установок ТОДП поставлены в 45 городов России от Санкт-Петербурга на западе до Магадана на востоке. Метод КОМОТ используется для массовой скрининг-диагностики нарушений осанки и деформаций позвоночника у школьников, мониторинга состояния детей с патологией позвоночника, а также контроля результатов консервативного и оперативного лечения деформаций позвоночника.

Экспериментальный макет оптико-электронной системы для восстановления рельефа тела человека - прототип компьютерного оптического топографа - впервые был клинически апробирован в апреле 1993г. в Новосибирской специализированной школе-интернате №133 для детей больных сколиозом - клинической базе Новосибирского НИИТО. В этой школе дети одновременно учатся и получают консервативное лечение с понедельника по субботу. Стандартный курс лечения включает:

- ортопедический режим с максимальным снятием вертикальных нагрузок на позвоночник - проведение школьных занятий в положении лежа;
- лечебную физкультуру (ЛФК), направленную на укрепление мышечного корсета и коррекцию деформации во фронтальной и сагиттальной плоскостях;
- плавание в бассейне (2 раза в неделю);
- механотерапию с целью тренировки пояснично-подвздошной мышцы на стороне противоположной выпуклости дуги искривления позвоночника при груднопоясничной локализации дуги;
- корсетотерапию прогрессирующих форм сколиоза (начали применять с 1999г.);
- ношение подпяточника при наличии перекоса таза свыше 3-5°;
- массаж мышц спины и воротниковой зоны - 3 курса в год по 15-20 сеансов;
- аппаратную физиотерапию 2-3 курса в год;

- комплексную терапию сопутствующей патологии и общеукрепляющую терапию (спелеотерапию, кислородотерапию, фототерапию).

В 1995г. в школе был установлен опытный образец топографа и, начиная с этого времени, всем учащимся школы стали проводиться плановые топографические обследования не реже 2 раз в год, что позволило существенно сократить (на 70-80%) объем рентгенологических обследований при мониторинге состояния больных сколиозом [4]. В результате были накоплены уникальные данные долговременных (до 10 лет) динамических наблюдений таких больных, начиная с самых ранних стадий сколиоза. Проведенные нами исследования подтвердили общеизвестный факт, что современные методы консервативного лечения сколиоза, в том числе и корсетотерапия, могут помочь не всем, а лишь определенной части больных. Поэтому важно своевременно выявлять изменение в состоянии больного и корректировать тактику лечения, начиная с ЛФК, прибегая к корсетотерапии в случае ухудшения состояния, а если и это не помогает - начинать своевременно морально и физически готовить пациента, а также его родителей, к хирургической операции - единственному на сегодняшний день радикальному способу лечения сколиоза [1].

Для иллюстрации возможностей применения метода КОМОТ с целью контроля эффективности консервативного лечения больных сколиозом приводим клинический пример успешного лечения больной идиопатическим сколиозом II степени, которая поступила в 1 класс школы-интерната в 1998г. в возрасте 7.7 лет. За первый год пребывания больной в школе, используя стандартный набор мероприятий по консервативному лечению и не прибегая к корсетотерапии, удалось скорректировать сколиоз до I степени и в дальнейшем, что самое важное, сохранить достигнутый результат к возрасту 15 лет (последнее обследование больной было проведено в апреле 2006г.). Диагноз на момент поступления больной в школу идиопатический левосторонний груднопоясничный субкомпенсированный сколиоз II степени. Также при обследовании у девочки был выявлен отягощенный семейный анамнез. Результаты динамического наблюдения больной в течение 8-ми летнего пребывания в школе-интернате представлены в таблице 1 и на рис.1. В таблице приведены результаты 16-ти топографических обследований больной, проводимых два раза в год (один раз в начале учебного года - нечетные номера обследований, и один раз в конце - четные номера), и 8-ми рентгенологических обследований (в начальный период лечения рентгенография выполнялась больной по 2 раза в год, затем объем обследований был последовательно сокращен). На рис.1. приведены рентгенограммы больной и графические представления топографических результатов с номерами обследований 1-4, 6, 8, 15, указанными в нижней части рисунка и соответствующими таблице.

Параметр 1 таблицы задает угол по Коббу для рентгенограмм, сделанных в пределах одного месяца относительно момента топографических обследований. Остальные параметры таблицы получены по результатам топографических обследований. Параметр 2 соответствует расстоянию от вершины межъягодичной складки (уровень третьего крестцового позвонка S3) до остистого отростка седьмого шейного позвонка C7 и может служить ориентиром для оценки динамики роста позвоночного столба.

Параметры 3-6 описывают состояние сколиотической дуги больной: параметр 3 (угол латеральной асимметрии) задает угол кривизны сколиотической дуги и сопоставим с рентгенологическим углом по Коббу; 4 описывает ротацию в вершине дуги относительно нижней и верхней границ дуги и может служить для оценки выраженности торсионного компонента сколиотической деформации; 5 - боковое отклонение линии остистых отростков в вершине дуги; 6 - максимальное превышение высоты паравертебральных мышц в области поясницы на стороне выпуклости дуги.

Параметры 7-10 описывают наклон туловища относительно вертикали, а также его сегментов относительно горизонтали во фронтальной плоскости влево (со знаком плюс) или вправо (со знаком минус). Параметр 7 задает наклон плечевого пояса по линии вершин подмышечных складок, 8 - наклон линии нижних углов лопаток, 9 - перекося таза по линии вершин задних подвздошных остей, 10 - наклон туловища по линии вершина межъягодичной складки - остистый отросток C7.

Таблица 1

Динамика состояния больной идиопатическим сколиозом в возрасте от 7 до 15 лет в период лечения в школе-интернате №133 г.Новосибирка по данным рентгена и топографии

№	Наименование параметра	Корр.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			7л 7м	8л 2м	8л 6м	9л 2м	9л 7м	10л 1м	10л 7м	11л 1м	11л 7м	12л 2м	12л 7м	13л 2м	13л 6м	14л 1м	14л 6м	15л 3м
1	Угол по Коббу (рентген), ° **	0.98	23	11	16	8	-	8	-	6	-	10	-	-	-	-	-	9
2	Длина туловища S3-C7, мм	-0.71	367	383	387	392	394	413	436	449	488	489	522	529	528	526	528	524
3	Угол латеральной асимметрии, °	1.0	25.5	13.2	17.8	9.6	16.1	10.2	8.5	7.6	11.5	10.7	7.2	6.3	9.8	9.0	11,1	8.2
4	Угол ротации в вершине дуги, °	0.49	3.3	5.2	4.7	1.9	5.2	2.6	3.2	1.4	2.1	2.2	3.1	2.4	2.1	3.2	2,9	2.1
5	Боковое отклонение линии остистых отростков влево, мм	0.92	18.9	4.1	11.2	5.1	6.7	5.4	4.3	1.7	4.3	3.6	2.4	2.0	3.2	4.1	4,9	2.0
6	Высота мышечного валика, мм	0.29	4.2	5.5	5.2	5.1	5.2	5.3	3.4	2.4	3.1	5.7	3.9	3.5	4.0	5.1	5,0	4.1
7	Наклон плечевого пояса во ФП, °	-0.18	-2.1	0.6	-3.2	-3.8	-2.8	-4.0	-3.9	-0.8	-4.0	-3.7	-1.5	-0.8	-1.8	-1.7	0,5	-0.1
8	Наклон углов лопаток во ФП, °	-0.30	-2.2	3.7	-3.3	-0.9	-3.8	0.1	0.0	-2.1	-4.9	-2.2	-1.9	0.0	-0.3	1.0	2,3	1.0
9	Перекос таза во ФП, °	0.88	4.6	3.0	4.3	2.4	3.1	1.6	1.4	1.9	2.6	1.4	1.2	1.4	2.8	1.7	2,0	1.5
10	Наклон туловища во ФП, °	0.79	2.1	0.7	0.6	0.8	0.9	0.8	2.0	0.4	0.2	0.4	0.7	0.0	-0.4	0.1	0,8	2.2
11	Поворот плечевого пояса в ГП, °	0.52	0.4	1.6	2.8	-0.7	5.8	2.7	0.4	-1.4	-3.2	-0.4	0.2	0.1	-0.2	0.6	1,1	0.8
12	Поворот углов лопаток в ГП, °	-0.39	-0.9	2.7	1.5	1.9	3.4	4.8	1.8	1.7	1.2	2.4	1.6	2.4	4.2	1.9	3,3	2.4
13	Поворот таза в ГП, °	0.02	-0.1	0.3	0.6	-1.4	-0.2	-0.3	-1.0	1.2	1.1	-1.8	1.0	0.4	0.5	1.2	0,5	0.2
14	Скручивание туловища в ГП, °	0.31	0.6	1.4	2.2	0.7	6.0	3.1	1.3	-2.6	-4.2	1.4	-0.8	-0.2	-0.8	-0.6	0,6	0.6
15	Отклонение от вертикали С7 относительно вершины поясничного лордоза в СП, °	0.89	7.6	0.2	2.0	-1.2	1.0	-3.2	-4.5	-5.1	-6.0	-4.3	-6.6	-5.0	-5.6	-5.9	-2,6	-2.6
16	Отклонение от вертикали вершины грудного кифоза относительно S3 крестца в СП, °	0.78	2.4	-3.3	1.8	-1.1	0.6	-3.3	-4.7	-2.7	-2.9	-2.8	-4.7	-2.7	-4.7	-4.8	-4,4	-2.3
17	Наклон таза (крестца) СП, °	0.85	-19.	-20.	-14.	-15.	-16.	-16.	-15.	-11.	-12.	-16.	-15.	-16.	-17	-19	-24,1	-22.
18	Наклон туловища в СП, °	0.88	5.0	-1.5	1.9	-1.2	0.8	-3.2	-4.6	-3.9	-4.5	-3.6	-5.7	-3.8	-5.2	-5.3	-3,5	-2.4
19	Высота поясничного лордоза, мм	0.84	30.8	21.8	19.0	15.3	18.7	13.1	10.7	6.7	6.3	12.0	7.8	10.6	12.4	14.2	21,7	16.6
20	Высота грудного кифоза, мм	0.09	18.8	13.1	21.7	18.5	21.5	15.2	12.0	15.7	19.5	21.1	17.0	22.9	16.3	20.6	20,5	19.5
21	Общий интегральн. индекс ДПТ	0.82	2.0	1.3	1.4	1.0	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.1	1.2	1.1	1.4	0.9	0,9	0.8
22	Интегральн. индекс ДПТ во ФП	0.93	2.5	0.9	1.8	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.3	0.7	0.6	0.8	1.1	0.7	0,7	0.9
23	Интегральный индекс ДПТ в ГП	0.62	1.2	1.2	1.1	1.0	1.8	1.6	0.7	0.8	1.1	0.9	0.1	0.7	1.1	0.7	0,8	0.7
24	Интегральный индекс ДПТ в СП	0.14	2.2	1.7	1.0	1.0	0.8	1.2	1.8	1.8	2.0	1.5	1.8	1.6	1.9	1.2	1,1	0.9
25	Индекс асимметрии лопаток	0.53	1.4	0.4	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.8	0.4	0.5	0.6	1.1	0.4	0,5	0.3

Примечание: в таблице под номерами столбцов (1-16) приведен возраст больной на момент топографического обследования (л - лет, м - месяцев);

* - коэффициент корреляции, рассчитанный для каждого параметра таблицы по отношению к углу латеральной асимметрии - топографическому аналогу угла по Коббу;

** - угол по Коббу приведен для рентгенограмм рис.1 (A1-A15), полученных в пределах одного месяца от момента проведения топографического обследования больной;

знак “минус” для приведенных в таблице параметров означает превышение параметра слева и отклонение кпереди;

ФП - фронтальная плоскость (разделяет туловище на переднюю и заднюю части);

ГП - горизонтальная плоскость (задает поперечные сечения туловища);

СП - сагиттальная плоскость (разделяет туловище на левую и правую боковые половины).

Параметры 11-14 описывают поворот сегментов туловища и его скручивание относительно продольной оси туловища по часовой стрелке (со знаком плюс) и против часовой стрелки (со знаком минус). Параметр 11 задает поворот плечевого пояса по линии вершин подмышечных складок, 12 - поворот нижних углов лопаток по линии их вершин, 13 - поворот таза по линии вершин задних подвздошных остей, 14 - разворот плечевого пояса относительно таза.

Параметры 15-18 описывают наклон туловища и его сегментов относительно вертикали в сагиттальной плоскости кзади (со знаком плюс) и кпереди (со знаком минус). Параметр 15 задает угол наклона линии, проходящей через вершину поясничного лордоза и остистый отросток С7; параметр 16 - угол наклона линии, проходящей через вершину межъягодичной складки и вершину грудного лордоза; 17 - угол наклона крестца на границе крестец - поясничный лордоз (S1-L5); 18 - наклон туловища (полусумма параметров 15 и 16).

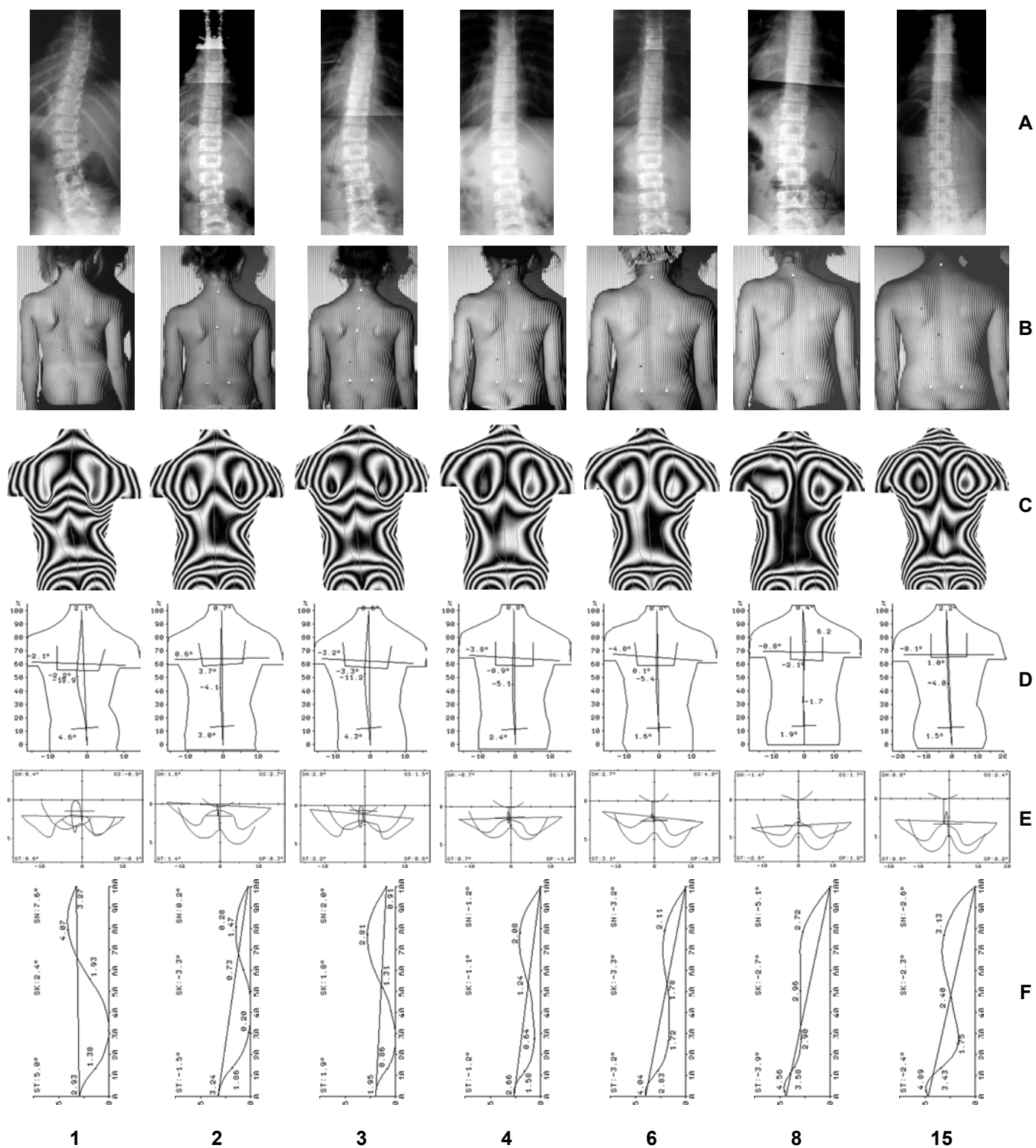


Рис.1. Результаты наблюдения больной идиопатическим сколиозом в возрасте от 7 до 15 лет в период лечения в школе-интернате №133 г. Новосибирска (нумерация рисунка 1-15 задана согласно табл.1):
 А - рентгенограммы больной в положении стоя в прямой проекции;
 В - исходные снимки больной при топографическом обследовании;
 С - топограммы ДПТ больной с перепадом по высоте между светлой и темной полосой 5 мм;
 D - фронтальные проекции ДПТ больной (вид на пациента сзади);
 E - горизонтальные проекции ДПТ больной (вид на пациента сверху);
 F - сагиттальные проекции линии остистых отростков (вид на пациента сбоку).

Параметры 19-20 описывают выраженность физиологических изгибов позвоночника - высоту (глубину) изгибов в сагиттальной плоскости нормированную к значению длины туловища (параметр 2) равному 500 мм. Параметр 19 задает высоту дуги поясничного лордоза, 20 - высоту дуги грудного кифоза.

Параметры 21-25 описывают интегральную оценку отклонения формы дорсальной поверхности туловища (ДПТ) от гармоничного состояния в целом и по отдельным плоскостям. Параметр 21 задает общий интегральный индекс состояния ДПТ, 22 - интегральный индекс состояния ДПТ во фронтальной плоскости, 23 - интегральный индекс состояния ДПТ в горизонтальной плоскости, 24 - интегральный индекс состояния ДПТ в сагиттальной плоскости, 25 - интегральный индекс асимметрии положения и ориентации лопаток.

В третьем столбце таблицы приведен коэффициент корреляции, рассчитанный для каждого параметра по данным обследований 1-16 по отношению к углу латеральной асимметрии и отражающий взаимосвязь параметра с изменением величины сколиотической дуги в процессе наблюдений больной. Следует отметить высокую корреляцию (0.98) с рентгенологическим углом по Коббу. Высокая корреляция (более 0.8) отмечается также у восьми топографических параметров, что выделено жирным шрифтом. Это свидетельствует о том, что изменение формы дорсальной поверхности туловища достоверно отражает изменения состояния позвоночника и тем самым подтверждает возможность объективной оценки динамики сколиотической деформации по топографическим данным.

На первичной рентгенограмме больной в возрасте 7.5 лет (рис.1А) выявлена левосторонняя сколиотическая дуга с вершиной на уровне позвонка T12 и углом по Коббу 23° с признаками торсии. Это совпало с данными топографического обследования (рис.1B-F), по результатам которого выявлена дуга с вершиной на уровне T11 и углом латеральной асимметрии в 25.5° с ротацией в вершине 3.3° . Топографические данные также свидетельствуют, что дуга имеет структуральной характер (мышечный валик слева 4.2 мм) с выраженным функциональным компонентом (отклонение линии остистых влево 18.9 мм). Баланс туловища нарушен во фронтальной (2.1°) и в сагиттальной плоскостях (5.0°), но сохранен в горизонтальной плоскости (0.6°). Выявлен выраженный перекос таза влево в сторону выпуклости дуги (4.6°). Поясничный лордоз значительно усилен (30.8 мм), а грудной кифоз сглажен (18.8 мм). Общий интегральный индекс ДПТ составил 2.0 с преобладанием нарушений во фронтальной (2.5) и сагиттальной плоскостях (2.2), что соответствует выраженным отклонениям в состоянии осанки.

Результаты повторного обследования через полгода после начала лечения (рис1.2 и столбец под номером 2 в таблице) свидетельствуют о существенном улучшении состояния больной: угол по Коббу уменьшился до 11° ; угол латеральной асимметрии – до 13.2° ; боковое отклонение линии остистых отростков - до 4.1 мм; баланс туловища во фронтальной плоскости – до 0.7° ; в сагиттальной плоскости состояние выраженной экстензии туловища (наклон кзади 5.0°) перешло в умеренную флексию (наклон кпереди -1.5°); нормализовалась высота поясничного лордоза (21.8 мм) при одновременном уплощении грудного кифоза (13.1 мм). Общий интегральный индекс ДПТ показал нормализацию осанки в целом (до 1.3 - умеренные отклонения) с максимальным улучшением во фронтальной плоскости (до 0.9 - субнорма), положительными изменениями в сагиттальной плоскости (до 1.7- умеренные отклонения) и сохранением состояние в горизонтальной плоскости. Это позволяет прийти к выводу, что в процессе лечения за счет укрепления мышечного корсета и формирования стереотипа правильной осанки у больной удалось устранить функциональный компонент сколиотической дуги, что, безусловно, улучшило биомеханику позвоночника и позволило существенно снизить риск дальнейшего прогрессирования сколиоза.

Анализ динамики состояния больной в последующий период наблюдения позволил выявить определенную тенденцию ухудшения к началу учебного года и последующего улучшения к концу учебного года, что особенно сильно проявилось в первые два года лечения больной, которой, как и всем пациентам школы-интерната, на период летних каникул был предписан ортопедический режим и самостоятельное выполнение комплекса ЛФК. Однако, в отсутствие врачебного контроля больная по всей видимости не выполняла положенных требований. Выявленная тенденция также

позволяет с определенной степенью вероятности утверждать, что при отсутствии лечения больной сколиоз у нее мог приобрести тяжелую форму.

К концу периода наблюдения сколиоз у больной стабилизировался (8-11°) на фоне существенного улучшения осанки в целом: все интегральные индексы ДПТ соответствуют состоянию субнормы (меньше 1). Из оставшихся нарушений осанки можно отметить умеренный наклон туловища кпереди (-2.4°) и влево (2.2°), а также небольшой перекос таза в сторону выпуклости грудопоясничной сколиотической дуги (влево на 1.5°). Так как рост туловища после 12-ти летнего возраста практически прекратился (см. параметр 2 таблицы 1), то это позволяет говорить об отсутствии риска дальнейшего прогрессирования сколиоза у девочки и, следовательно, об успешном завершении лечебного процесса.

Заключение

Приведенный клинический пример долговременного топографического наблюдения больной идиопатическим сколиозом в процессе консервативного лечения показывает, что этот метод дает подробную и объективную информацию о состоянии позвоночника и об изменениях формы и ориентации туловища в пространстве, обеспечивая достоверный контроль хода лечения больных сколиозом. Результаты проведенных нами исследований позволяют рекомендовать компьютерную оптическую топографию для широкого применения при контроле эффективности консервативного лечения больных сколиозом, как неинвазивную альтернативу рентгену.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. //Хирургия деформаций позвоночника. Сибирское университетское издательство. Новосибирск. 2002. -430с.
2. Takasaki H. Moire Topography //Appl. Opt. 1970, 9. -P.1467-1472.
3. 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.
4. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г. Мониторинг деформации позвоночника методом компьютерной оптической топографии. -Пособие для врачей МЗ РФ. -Новосибирск: НИИТО, 2001. -44с.