МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ

/ Пособие для врачей /

Новосибирск
2000 г.

Компьютерная оптическая топография - это новый современный бесконтактный и, главное, безвредный метод обследования пациентов с целью количественной оценки и документирования деформации позвоночника.

В пособии для врачей описана оригинальная методика мониторинга деформации позвоночника, разработанная в Новосибирском НИИТО МЗ РФ на основе компьютерной оптической топографии. Представлены топографические и рентгенологические результаты динамических наблюдений в течение 4-х лет больных сколиозом с разным характером течения заболевания, демонстрирующие высокую степень совпадения сравниваемых методов диагностики.

Краткое описание технических средств и методики обследования больных приведено в приложении.

Предложенный метод может найти место в практическом здравоохранении и, в первую очередь, в ортопедических клиниках, санаторных учреждениях, врачебно-физкультурных диспансерах, амбулаторно-поликлинических учреждениях и других организациях, оказывающих медицинскую помощь многочисленным больным с патологией позвоночника.

Пособие предназначено для организаторов здравоохранения, детских ортопедов, врачей социально-гигиенического профиля.

Организация-разработчик: Новосибирский НИИТО МЗ РФ.
Авторы:
к.т.н. Сарнадский В.Н.,
д.м.н., проф. Фомичев Н.Г.,

1. ВВЕДЕНИЕ

Сколиотическая деформация позвоночника является наиболее серьезной ортопедической патологией детей и подростков, проявляющейся боковым искривлением позвоночника. Следствием сколиотической болезни являются косметический дефект осанки и деформация грудной клетки, ведущая к нарушению функций легких и сердечно-сосудистой системы, а при развитии тяжелых форм сколиозов имеют место и неврологические осложнения.

По данным исследований, проведенных Новосибирским НИИТО МЗ РФ, по разным территориям РФ до 37% детского населения страдают нарушениями осанки, сопряженными с риском развития сколиотической болезни (предсколиозное состояние, сколиоз I степени), до 3-5% - имеют выраженные формы структурального сколиоза (II степень и выше), до 1-2% детей имеют тяжелые формы сколиоза (III степень и выше) и нуждаются в интенсивном консервативном лечении, и до 0.05÷0.1% детей - в оперативном лечении сколиоза.

До настоящего времени, к сожалению, не найдено достаточно надежных признаков для выявления прогрессирующих форм сколиозов, поэтому для каждого больного ребенка даже с начальной степенью сколиоза до окончания формирования его скелета существует определенный риск быстрого прогрессирования деформации. Это заставляет проводить динамические наблюдения таких детей для контроля их состояния вплоть до окончания роста их скелета.

Для объективной оценки характера течения сколиотической болезни нужна количественная мера, достоверно описывающая деформацию позвоночника. Такой общепринятой мерой, являющейся "золотым стандартом", служит угол Кобба [1], который определяется по рентгенологическим снимкам и описывает кривизну дуги искривления. Однако, рентгенологическое обследование позвоночника не безвредно для растущего организма ребенка. По данным Lonstein [2] типичный больной сколизом, проходящий курс лечения корсетом в течение 3-х лет, вынужден делать 22 рентгеновских снимка позвоночника. Оценка канцерогенного риска для различных органов у больных сколиозом, проведенная Nash [3], показала существенное возрастание у них риска рака молочных желез по сравнению с естественным его проявлением. В работе Sridhar [4] утверждается, что дополнительный риск возникновения лейкемии у больных сколиозом возрастает на 5%. Проведенные Hoffmann [5] исследования группы из 1030 женщин со сколиозом, подвергнутым рентгенологическим обследованиям, показали увеличение у них частоты рака молочных желез в два раза по сравнению с "нормальным" населением.

С целью уменьшения числа рентгенологических обследований больных сколиозом разработаны многочисленные неинвазивные методы, в том числе простейшие контактные методы: "The rib hump measuring apparatus"[6], “The formulator body tracer” [7] ,“Scoliometer “ [8], "flexible curve"[9], Spinal pantograhp” [10] и другие. Однако недостаточные точность и повторяемость результатов контактных методов [8], а также их косвенный характер не позволили этим методам заменить рентген. Другой очевидный недостаток подобных методов (что можно отнести также и к оценке деформации позвоночника по углу Кобба) состоит в попытке описать сложную и трехмерную по своей природе деформацию позвоночника с помощью набора нескольких чисел, что никогда не сможет адекватно количественно представить полную клиническую картину состояния больного с деформацией позвоночника.

Новые возможности в оценке ортопедического статуса больных сколиозом появились с разработкой и внедрением в медицину бесконтактных оптических методов исследования поверхности, и прежде всего метода муаровой топографии, впервые использованного в работе Takasaki [11]. Этот метод позволил практически мгновенно зарегистрировать трехмерную форму обследуемой поверхности туловища пациентов в виде линий равного уровня, подобно топографическим картам. Метод был успешно применен многими авторами [12-15] для раннего обнаружения деформации позвоночника путем визуального анализа топограмм. Однако, для мониторинга больных сколиозом, где необходимы количественные

данные, метод муаровой топографии не смог стать столь полезным из-за большой трудоемкости обработки муаровых топограмм даже при использовании компьютера. Несколько позже были разработаны альтернативные муаровому компьютерно-ориентированные оптико-электронные методы, пригодные для применения в медицинской практике. Первой коммерчески доступной оптико-электронной топографической системой была созданная в начале 80-х годов в Англии система "ISIS" [16], к середине 90-х последовали и другие более современные топографические системы: японская - "Optronic Torsograph" [17], немецкая - "JENOPTIC formetric" [18], английская - "Quantec" [19].

В Новосибирском НИИТО МЗ РФ в 1994 году была создана первая отечественная топографическая система “Компьютерный оптический топограф”, разработанная на основе метода проекции полос и пространственного детектирования фазы [20]. В 1996 году эта система прошла клинические испытания и была допущена МЗ РФ к применению в медицинской практике (Протокол N6 от 30.10.96 Комитета по новой медицинской технике МЗ РФ, номер гос. регистрации 98/219-267) под полным названием “Топограф компьютерный оптический бесконтактный определения деформации позвоночника ТОДП - для бесконтактного исследования деформации позвоночника у детей и подростков” (Евразийский патент № 000111 от 15.06.98).

В отличие от зарубежных аналогов, которые, в основном, ориентированы на мониторинг больных с деформациями позвоночника, система ТОДП разрабатывалась как для задач скрининга начальных форм деформаций позвоночника, так и для мониторинга уже выявленных деформаций. По ряду показателей ТОДП превосходит современные зарубежные аналоги ("Formetric" и "Quantec"), и прежде всего, по скорости обработки снимков (10 сек. вместо 1-2 мин.), пространственному разрешению восстановленной поверхности и уровню автоматизации процессов обработки.

В настоящем пособии приводится метод топографического мониторинга больных сколиозом, разработанный в Новосибирском НИИТО МЗ РФ, с использованием системы ТОДП и последней версии ее программного обеспечения "**ТОРО V6.0 2000**".

2. ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДА

Компьютерная оптическая топография обеспечивает бесконтактное высокоточное определение формы дорсальной поверхности туловища, что позволяет описать ее количественно и определить по ней угол латерального искривления позвоночного столба. Это дает достоверную информацию как о состоянии позвоночника, так и о постуральных изменениях, происходящих у пациентов в ходе их динамических наблюдений.

Метод показан детям, начиная с пятилетнего возраста, больным сколиозом при их амбулаторном наблюдении, а также для оценки эффективности проводимых лечебных мероприятий как в краткосрочном, так и в долговременном плане. Так как при обследовании используют только световой поток, поэтому метод абсолютно безвреден для здоровья пациентов и обслуживающего персонала. Таким образом, в отличие от рентгена у метода отсутствуют противопоказания и неограничено число обследований пациента в год. Для проведения обследования требуется, чтобы пациент мог самостоятельно принять вертикальную позу и удерживать ее в течение 1-2 минут.

Ограничения к топографическому обследованию

Возможны затруднения при обследовании пациентов с наиболее грубыми деформациями туловища при гиперкифозах (высота дуги кифоза более 10 см), кифосколиозах и сколиозах IV степени (высота реберного горба более 5 см). Съемку таких пациентов рекомендуется проводить на максимально возможной дистанции для уменьшения чувствительности оптической схемы ТОДП. При установке пациента с грубым боковым реберным горбом необходимо для уменьшения крутизны поверхности повернуть туловище пациента на 5-10° в горизонтальной плоскости, придвинув к эталонной плоскости сторону с реберным горбом.

В процессе обработки снимков для пациентов со значительными жировыми отложениями затруднено автоматическое выделение анатомических точек лопаток. Для

таких пациентов необходимо дополнительно маркировать светоотражательными маркерами нижние углы и медиальные края лопаток.

К некорректным результатам обследования может приводить наличие больших темных пигментных пятен на коже пациентов (с размерами более 1 см) или темных и контрастных послеоперационных швов. В этом случае рекомендуется перед обследованием заклеить лейкопластырем эти темные участки поверхности кожи.

При стандартном положении оптической схемы установки **ТОДП** могут возникнуть затруднения при съемке пациентов большого роста (более 190 см) из-за ограничения размеров вводимого ТВ камерой кадра. При необходимости обследования пациентов такого роста требуется перемонтировать оптическую схему **ТОДП**, увеличив расстояние от ТВ камеры до первого положения эталонной плоскости на 50 см и более.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДА

Для реализации мониторинга деформации позвоночника методом оптической топографии необходима система ТОДП с версией программного обеспечения **TOPO V6.0 2000** и старше. Система ТОДП выпускается мелкосерийно единственным в России производителем - ООО "МЕТОС", г. Новосибирск (контактный тел./факс (383 2) 111-552) по лицензии МЗ РФ (Регистрационный номер 42/97-892-0300 от 25 марта 1998г.).

Краткое описание системы ТОДП и ее применения для обследования рельефа дорсальной поверхности туловища приведено в приложении. Там же приведено краткое описание результатов обследования, получаемых последней версией программы **TOPO V6.0 2000.**

4. ОПИСАНИЕ МЕТОДА

4.1. Особенности обследования больных сколиозом при динамических наблюдениях

Для получения максимально достоверных топографических результатов обследований съемку больных необходимо проводить в первой половине дня, причем пациенты не должны подвергаться перед этим большим физическим нагрузкам и их состояние не должно быть болезненным. При обследовании во второй половине дня рекомендуется перед съемкой пациенту принять горизонтальное положение на 10-15 минут для того, чтобы дать разгрузку позвоночнику.

При подготовке пациента к съемке маркируется дорсальная поверхность туловища светоотражательными маркерами в соответствии со следующей схемой:

- вершина наиболее выступающего остистого отростка в области шеи пациента (чаще **C7**, реже - **Th1**);
- линия остистых отростков через каждый второй или третий позвонок (в зависимости от формы фронтальной деформации) от уровня **C7** до **L3.**
- левая и правая задние верхние подвздошные ости таза.

С особой тщательностью следует проводить маркировку остистого отростка С7 и задних верхних подвздошных остей (требуется точное определение центров этих образований по обеим координатам). Для разметки линии остистых отростков важно наиболее точно маркировать позвонки, соответствующие вершинам дуг фронтального искривления. Остальные точки линии рекомендуется маркировать через 3-4 см.

Обследование пациента осуществляют в естественной непринужденной позе. Для повышения точности результатов рекомендуется съемку пациента проводить двукратно с повторной его установкой, для чего после первого снимка можно попросить пациента повернуться, не сходя с установочного места, вокруг своей оси на 360 градусов.

4.2. Топографические параметры, используемые при динамических наблюдениях больных сколиозом

Основными топографическими параметрами для оценки динамики развития сколиотической деформации позвоночника служат:

- угол латеральной асимметрии дуги искривления (**LA**);
- угол ротации в вершине дуги искривления (**RA**).

Дополнительными параметрами, позволяющими оценивать динамику постуральных изменений и прогрессирование деформации формы дорсальной поверхности, являются:

- общий интегральный индекс нарушений формы дорсальной поверхности (**PTI**);
- интегральный индекс нарушений формы дорсальной поверхности во ФП (**PTI-F**);
- интегральный индекс нарушений формы дорсальной поверхности в ГП (**PTI-G**);
- интегральный индекс нарушений формы дорсальной поверхности в СП (**PTI-S**);
- интегральный индекс нарушений ориентации во ФП (**PTI-OF**);
- интегральный индекс нарушений ориентации во ГП (**PTI-OG**);
- интегральный индекс нарушений ориентации во СП (**PTI-OS**);
- интегральный индекс ротационной деформации туловища в ГП (**PTI-DG**);
- интегральный индекс деформации туловища в СП (**PTI-DS**).

При грудной локализации дуги искривления позвоночника показательна также и динамика индекса асимметрии расположения и ориентации лопаток (**PTI-SA**).

4.3. Периодичность топографических обследований больных сколиозом при их динамических наблюдениях

Топографические обследования больных сколиозом необходимо проводить, начиная с момента их первичного выявления, до окончания роста их скелета, когда риск прогрессирования сколиоза становится минимальным. Признаком для завершения плановых динамических наблюдений служит стабильная, на протяжении 2-х - 3-х лет величина деформации позвоночника к возрасту 16-ти лет и старше при условии остановки роста пациента (неизменная длина туловища П20 в течение нескольких последних лет).

Для проведения мониторинга деформации позвоночника у детей и подростков выделено 5 основных групп наблюдения, приведенных в таблице 1. Для каждой из рассмотренных групп в таблице указаны границы значений параметров угла латеральной асимметрии **LA**, угла ротации в вершине дуги искривления **RA** и общего интегрального индекса нарушений формы дорсальной поверхности **PTI**.

Для каждой из этих групп устанавливают свой план обязательных топографических обследований по числу раз в год:

- в группе слабо выраженных форм - **1 раз**;
- в группе умеренно выраженных форм - **2 раза**;
- в группе выраженных форм - **3 раза**;
- в группе тяжелых форм - **4 раза**;
- в группе прогрессирующих форм - **4-6 раза**.

Больные, у которых выявляется прогрессирование деформации позвоночника, независимо от степени ее выраженности, нуждаются в наиболее частых наблюдениях для точного прогнозирования развития патологии и своевременного изменения тактики и методов лечения. Поэтому в ходе динамических наблюдений дополнительно выделяется группа прогрессирующих форм, к которой относят больных из первых четырех клинических групп при наличии у них зафиксированной положительной динамики развития патологии в течение года.

Таблица 1. Группы динамического наблюдения детей, больных сколиозом

Наименование Групп	Клинические признаки групп	LA,°	RA, °	PTI
Слабо выражен-ные формы	Выявляется сколиотическое искривление позвоночника, паравертебральная асимметрия, асимметрия лопаток, плечевого пояса.	7-13	2-5	Менее 1.3
Умеренно выраженные формы	Признаки сколиоза выражены умеренно, более отчетливо проявляется торсия позвонков, начинает оформляться реберный горб, формируется дуга компенсаторного противоискривления.	10-25	5-10	1.3-2.0
Выраженные формы	Резко выражена торсия позвонков с формированием на стороне выпуклости основной дуги реберного горба, а на стороне вогнутости - западения грудной клетки (12-е ребро заходит за гребень подвздошной ости).	20-50	10-15	2.0-3.0
Тяжелые формы	Усиление всех клинических признаков сколиоза с тяжелым обезображиванием туловища.	более 50	более 15	Более 3.0
Прогрессирую-щие формы	Положительная динамика развития сколиоза в последнем периоде наблюдений с увеличением параметров в год, более	5	3	0.5

В силу полной безвредности топографического метода помимо плановых обследований больные могут проходить дополнительные с любой периодичностью. Например, для больных, получающих по назначению врача различные курсы консервативного лечения, рекомендуется проводить внеплановые топографические обследования, как минимум, до начала курса и после его окончания, что обеспечит оценку эффективности лечебного воздействия. Более того, в период интенсивного лечения целесообразно обследовать больных как можно чаще, что позволит объективно оценивать ход лечения и вносить в него необходимые коррективы.

4.4. Необходимость рентгенологического уточнения топографических результатов

Высокая достоверность и повторяемость (при дуге более 15°) топографической оценки латерального искривления позвоночника позволяет сократить до минимума необходимость в рентгенологических обследованиях больных сколиозом. При этом рекомендуется топографическое обследование подтверждать рентгенологически в случае впервые выявленных деформаций позвоночника и наблюдаемых в режиме топографического мониторинга при величине угла латеральной асимметрии (**LA**) более 20° и значении общего интегрального индекса (**PTI**) более 1.5. Дальнейший мониторинг можно осуществлять опять топографически вплоть до достижения дугой величины угла латеральной асимметрии в 45°. В этом случае больным с незавершенным формированием скелета необходимо проводить повторное рентгенологическое обследование для уточнения величины дуги и оценки показаний к хирургическому лечению.

4.5. Примеры топографического мониторинга больных сколиотической болезнью с разным характером ее течения

Метод топографического мониторинга больных сколиозом разработан на основе клинического материала, собранного в школе-интернате №133 санаторного типа для детей больных сколиозом, являющейся клинической базы Новосибирского НИИТО. В этой школе, начиная с 1995 года, проводились ежегодные обследования на системе ТОДП постоянного контингента больных параллельно с рентгенологическими.

В школе-интернате дети учатся с понедельника по пятницу и одновременно получают консервативное лечение, стандартный курс которого включает:

- ортопедический режим с максимальным снятием вертикальных нагрузок на позвоночник, в том числе проведение школьных занятий в положении лежа;
- использование гипсовой кроватки с деротационным валиком (ночью);
- массаж мышц спины и живота (40 раз в год);
- аппаратную физиотерапию (30 процедур в год);
- механотерапию с целью тренировки пояснично-подвздошной мышцы на стороне, противоположной выпуклости дуги искривления позвоночника;
- ЛФК, направленную на укрепление мышечного корсета и коррекцию деформации во фронтальной и сагиттальной плоскостях;
- плавание в бассейне (2 раза в неделю);
- комплексную терапию сопутствующих патологий и общеукрепляющую терапии;
- ношение подпяточника при наличии перекоса таза более 3-х градусов.

Среди больных, проходивших лечение в условиях школы-интерната, по характеру течения заболевания выделены 4-е группы:

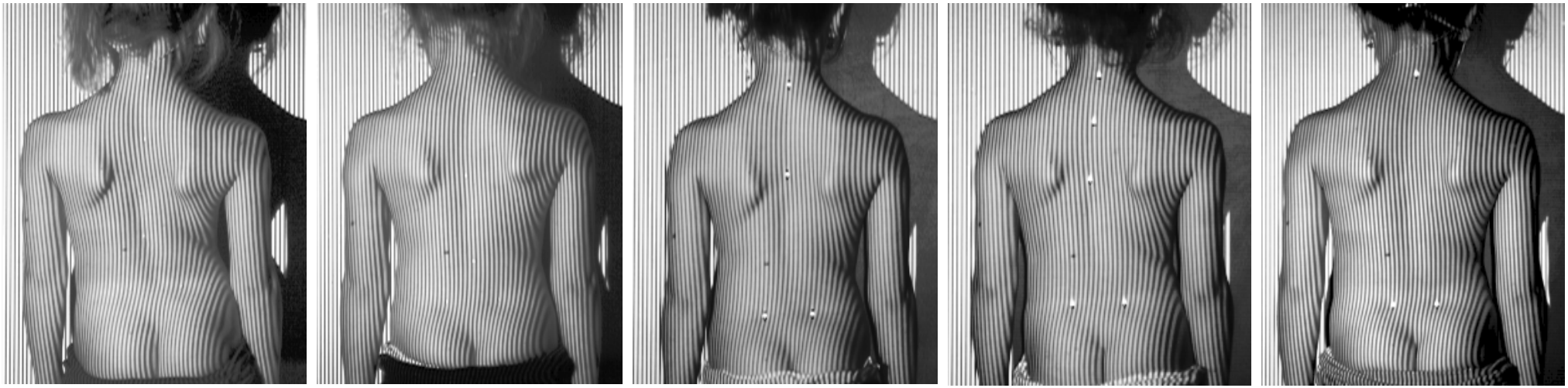
- больные с регрессирующим течением заболевания (в ходе лечения сколиотическая дуга уменьшалась более чем на 5°);
- больные со стабильным течением заболевания (сколиотическая дуга оставалась постоянной или увеличивалась не более, чем на 5-10° в течение всего периода роста детей);
- больные с умеренным прогрессированием заболевания (сколиотическая дуга увеличивалась в среднем не более, чем 7° в год и к концу роста скелета детей не превысила 45-50°);
- больные с быстрым прогрессированием заболевания (сколиотическая дуга увеличивалась более, чем 7° в год и к концу роста скелета детей без хирургического вмешательства составляла 50° и более).

Остановимся более подробно на примерах динамических наблюдений больных из вышеперечисленных групп.

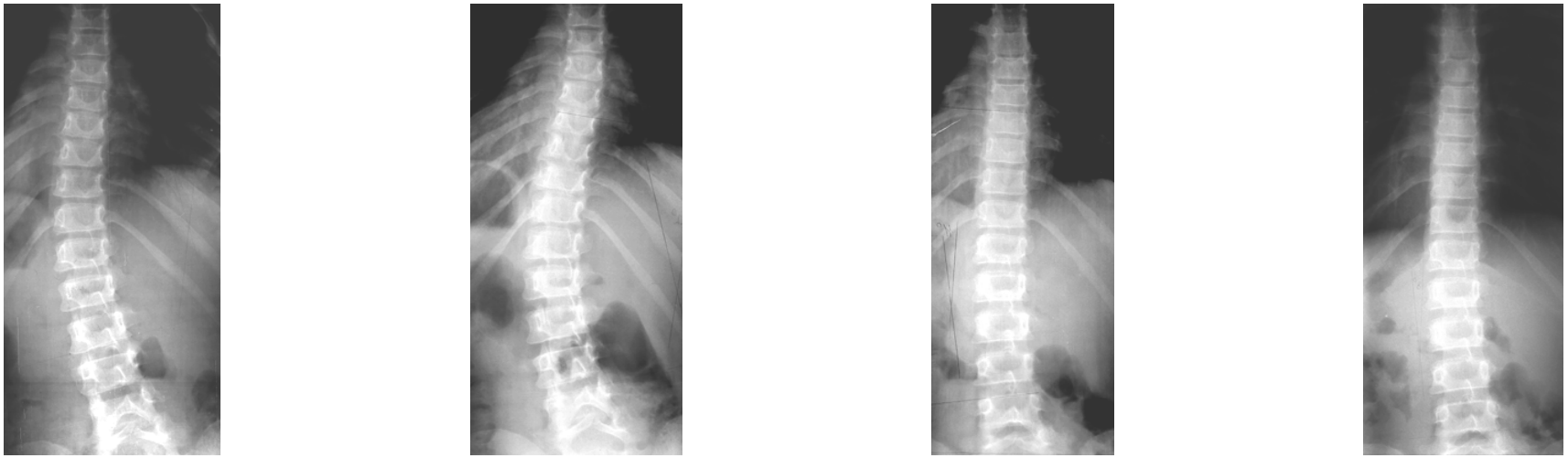
4.5.1. Пример топографической и рентгенологической динамики больной с регрессирующим течением сколиотической болезни

Больная О. поступила в школу в возрасте 7.5 лет с диагнозом: идиопатический левосторонний грудопоясничный субкомпенсированный сколиоз II степени. Диагноз подтвержден рентгеновскими снимками, представленными на рис.1е и 1ж (выявлена сколиотическая дуга с вершиной на уровне Th11 и углом Кобба 25° в 6.5 лет и 22° в 7.1 лет). Первое, проведенное в возрасте 7.7 лет, топографическое обследование больной (рис.1а) также выявило левостороннюю грудопоясничную дугу с вершиной на уровне Th11 и углом латеральной асимметрии в 26° (рис.2а). При этом зафиксированы значительные нарушения осанки: индекс PTI составил 2.2 с основными нарушениями во фронтальной (индекс PTI-F равен 2.3) и сагиттальной (индекс PTI-S равен 2.5) плоскостях. Среди отдельных топографических параметров, входящих в дескрипторы Д1-Д7 (см. приложение), значительные отклонения от нормы установлены для "Общей ориентации" во фронтальной плоскости (перекос таза и наклон туловища влево с нарушениями II степени) и сагиттальной плоскости (экстензия "шеи" III степени и туловища II степени). Определяется ротационная деформация туловища II степени (Д6) и усиление лордоза III степени (Д7),а также значительная по величине высота отстояния нижних углов и "крыловидность" лопаток (Д4).

Больная прошла стандартный курс лечения, и в возрасте 8.1 лет ей было проведено повторное топографическое (рис.1б) и параллельное рентгенологическое обследование (рис.1з). Топографическое обследование показало уменьшение дуги до 10°, рентгенологическое до 11°. В дальнейшем ее состояние стабилизировалось, о чем

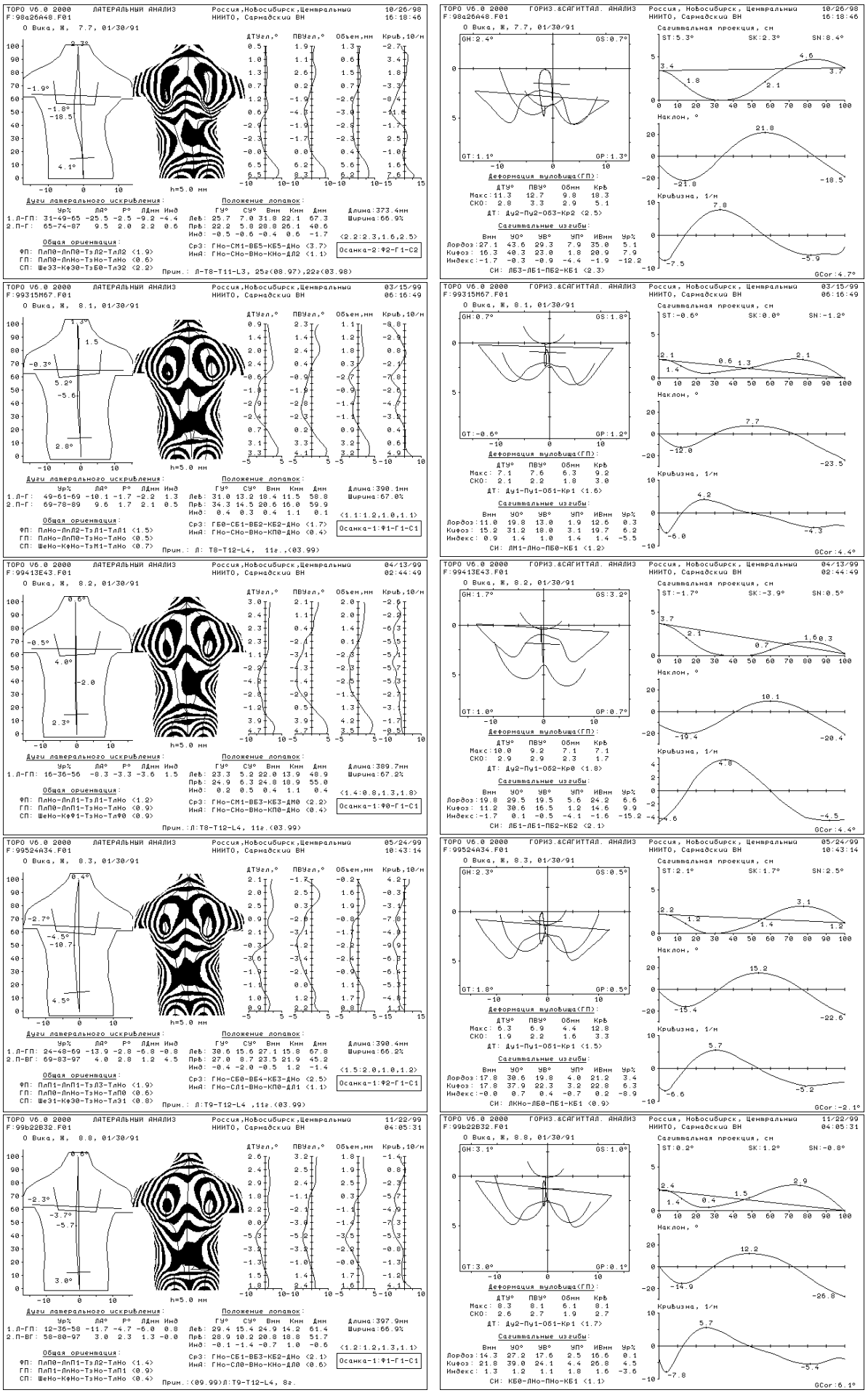


а) 7.7 лет б) 8.1 лет в) 8.2 лет г) 8.3 лет д) 8.8 лет



е) 6.5 лет ж) 7.1 лет з) 8.1 лет и) 8.6 лет

Рис. 1. Краткосрочные наблюдения больной с регрессирующим течением сколиотической болезни



а)

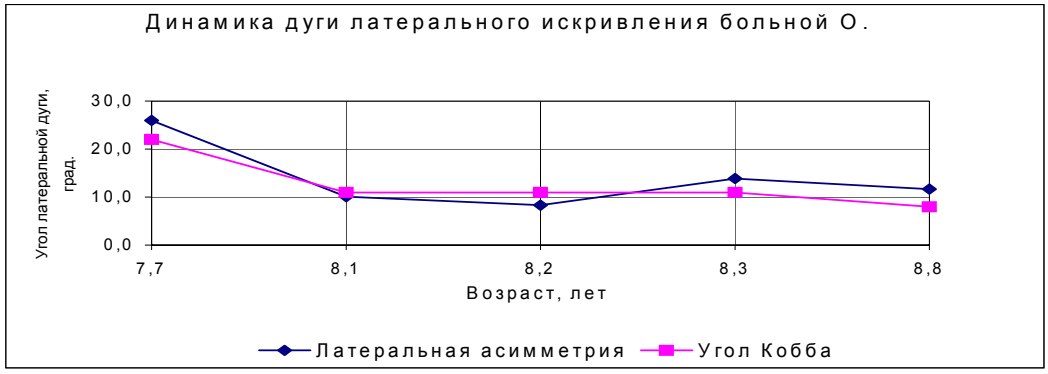
б)

в)

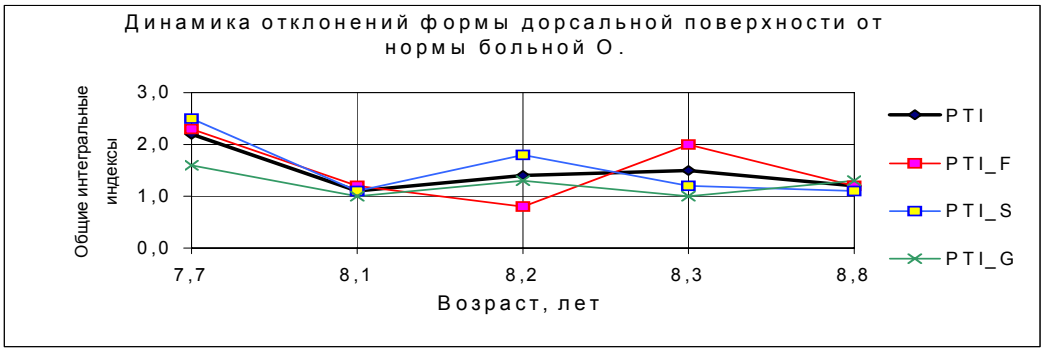
г)

д)

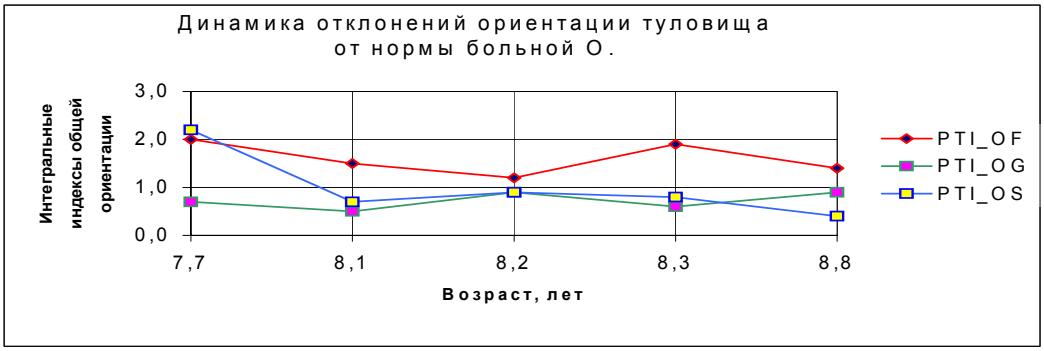
Рис.2. Результаты топографические обследования больной с регрессирующим течением сколиотической болезни в возрасте: а) 7.7 лет, б) 8.1 лет, в) 8.2 лет, г) 8.3 лет, д) 8.8 лет



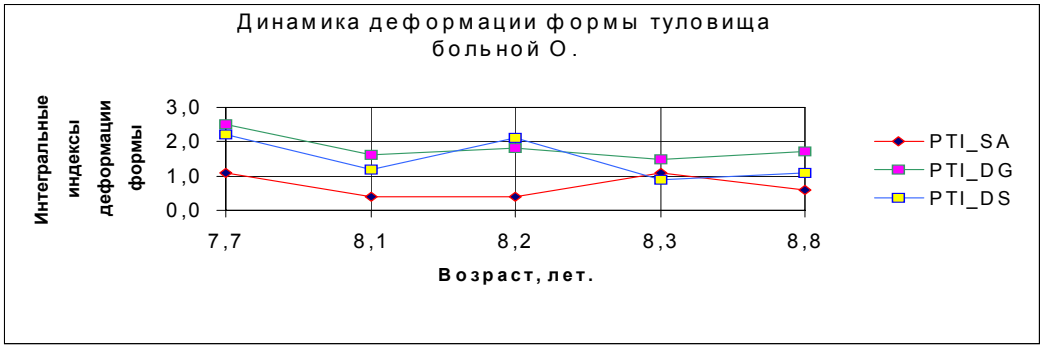
а)



б)



в)



г)

Рис.3. Графики краткосрочной динамики топографических и рентгенологических параметров больной с регрессирующим течением сколиотической болезни

свидетельствуют результаты топографических обследований в возрасте 8.2, 8.3, 8.8 лет (рис.1в - 1д и рис.2в - 2д) и рентгенологическое обследование в возрасте 8.6 лет (рис.1и).

Рентгенологические данные при оценке динамики заболевания в приведенном примере позволяют только констатировать факт, что в ходе лечения у больной произошло почти двукратное уменьшение дуги искривления, но не дают информации о факторах, повлиявших на это. Топографические данные свидетельствуют о том, что у больной, благодаря лечению, произошла существенная нормализация осанки: индекс PTI уменьшился с 2.2 до 1.1 (также в 2 раза), при последующих обследованиях он не превышал значения 1.5. Это свидетельствует о том, что сколиотическая дуга у этой больной до начала лечения имела значительный функциональный компонент, который в ходе лечения был устранен за счет укрепления мышечного корсета и выработки стереотипа правильной осанки. О значительном функциональном компоненте сколиотической дуги свидетельствует также индекс **ILD** (параметр **П7.7**), который до начала лечения имел значение -4.3, а после стал больше 1 (большое отрицательное значение индекса **ILD** свидетельствует о том, что дуга образована за счет боковой флексии позвоночника, а при большом положительном значении индекса в образовании дуги главную роль играет ротационный компонент).

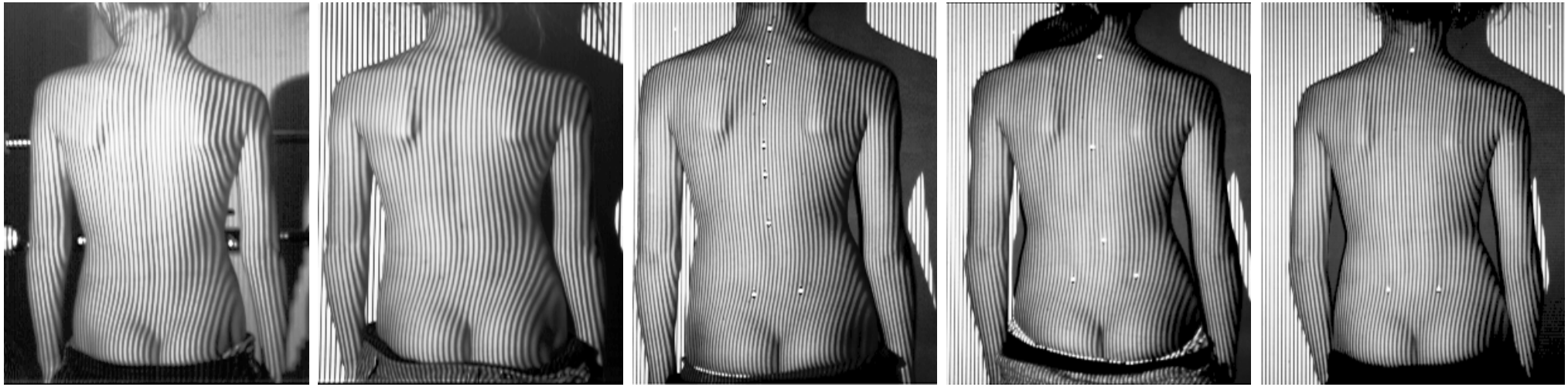
По данным клинических осмотров также зафиксированы улучшения: нормализовались физиологические изгибы в сагиттальной плоскости и уменьшилась асимметрия во фронтальной плоскости, возросла в 2-3 раза силовая выносливость мышц. На рис.3а приведены совмещенные графики динамики углов Кобба и латеральной асимметрии, хотя реально оба обследования не совсем совпадают по времени (см. рис.1). Графики показывают достаточно точное совпадение динамики по обоим параметрам. На рис.3б - 3г представлены графики динамики интегральных индексов нарушения формы дорсальной поверхности туловища (**PTI**). Эти графики демонстрируют хорошее совпадение динамики **PTI** и дуги латерального искривления. Интересно отметить, что некоторые колебания в динамике угла латеральной асимметрии совпадают с изменением общего индекса нарушений во фронтальной плоскости **PTI-F** (уменьшение **PTI-F** соответствует уменьшению угла латеральной асимметрии и наоборот), что можно увидеть при сравнении рис.2г и 2д. На первом рисунке максимальное отклонение влево линии остистых отростков (см. параметр **П6** в приложении) составляет -10.7 и латеральная асимметрия -13.9°,а на втором -5.7 и -11.7° соответственно. Это свидетельствует о том, что обнаруженные колебания латеральной асимметрии обусловлены изменяющимся функциональным компонентом сколиотической дуги.

4.5.2. Пример топографической и рентгенологической динамики больной со стабильным течением сколиотической болезни

Больная Н. поступила в школу в возрасте 7 лет с диагнозом: идиопатический левосторонний грудопоясничный сколиоз I степени. Диагноз был подтвержден рентгеновским снимком в возрасте 6 лет (выявлена дуга с вершиной на уровне Th12 величиной 10°). На рис.4а-4д представлен динамический ряд изображений спины девочки, снятых при ее топографических обследованиях в течение 4-х с половиной лет, с указанием под каждым снимком возраста на момент обследования. Следует отметить, что съемка при долговременном периоде наблюдения проводилась на разных дистанциях, изменяющихся по мере роста больной, поэтому размеры туловища на изображениях могут не соответствовать возрасту. Для оценки реальных размеров туловища необходимо воспользоваться параметром "Длина" (**П20**). На рис.4е-4к приведены изображения рентгенограмм позвоночника больной с указанием под рисунками возраста на момент съемки.

На протяжении всего вышеуказанного периода больная получала стандартный курс лечения, но в уменьшенном объеме и исключенной гипсовой кроваткой.

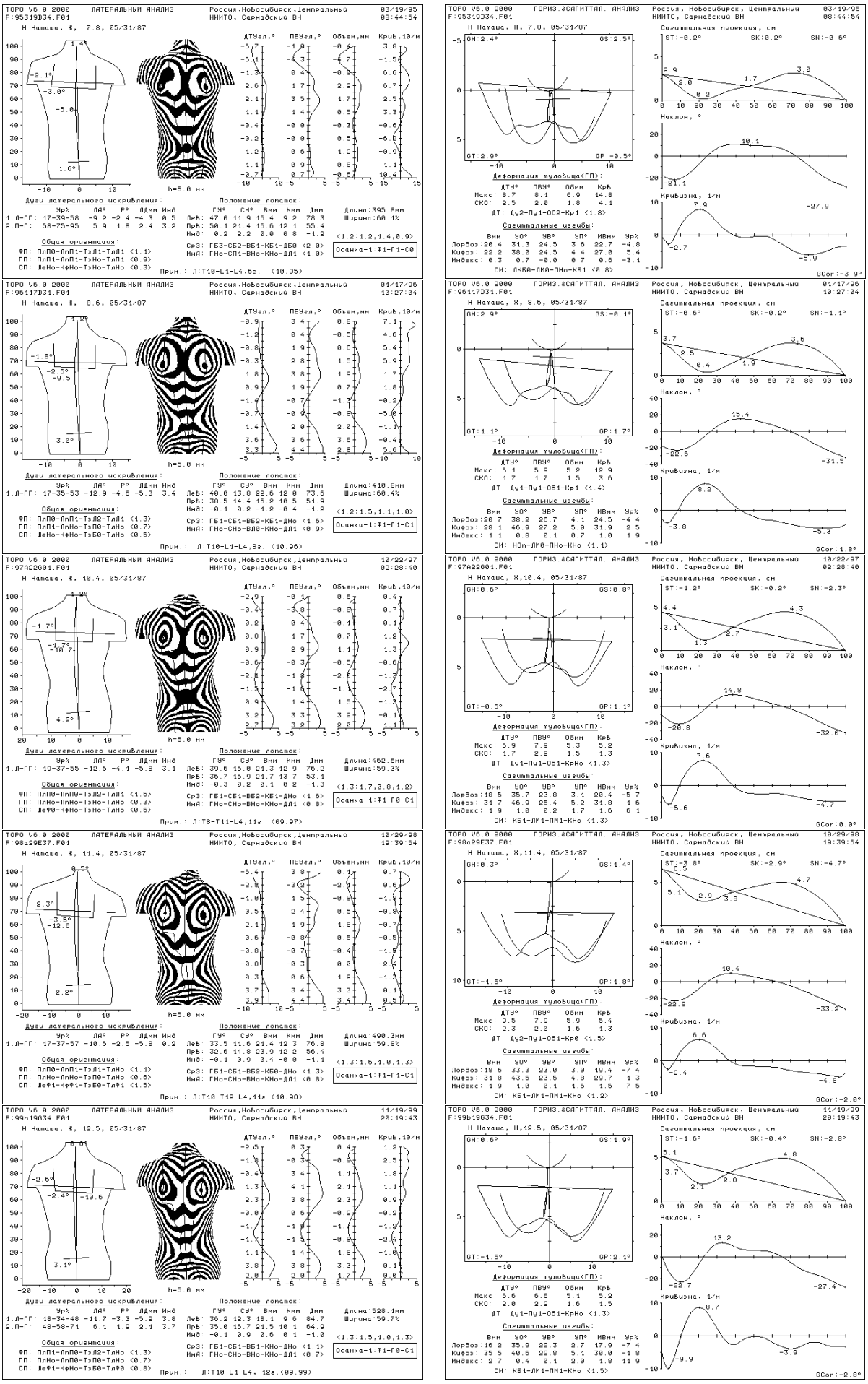
При первичном топографическом обследовании в возрасте 7.8 лет (рис.5) у больной была выявлена левосторонняя грудопоясничная дуга с вершиной на уровне L1 и углом латеральной асимметрий 9.2° , что вполне совпадает с ее рентгенологическими данными.



а) 7.8 лет б) 8.6 лет в) 10.4 лет г) 11.4 лет д) 12.5 лет

е) 8.4 лет ж) 9.4 лет з) 10.3 лет и) 11.4 лет к) 12.3 лет

Рис. 4. Динамические наблюдения больной со стабильным течением сколиотической болезни



а)

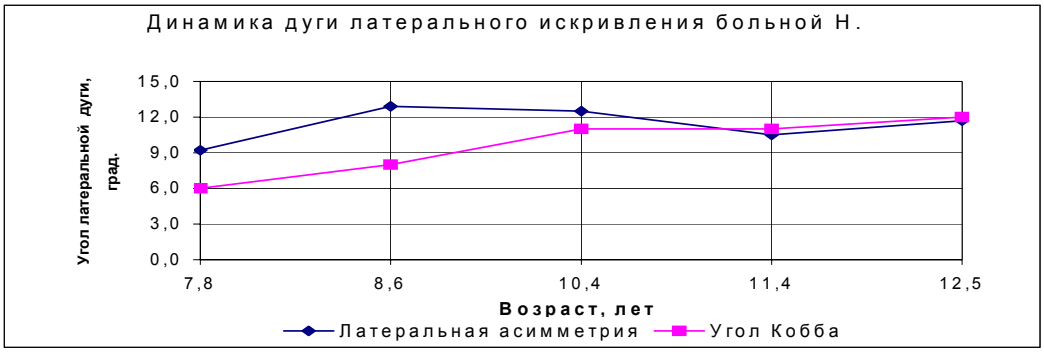
б)

в)

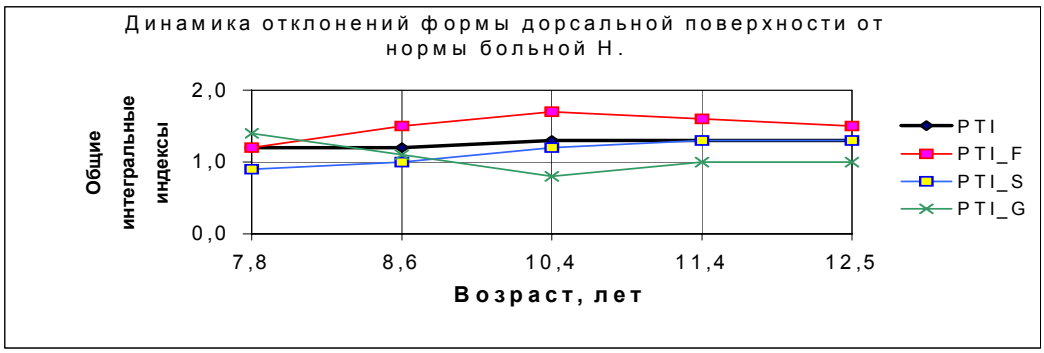
г)

д)

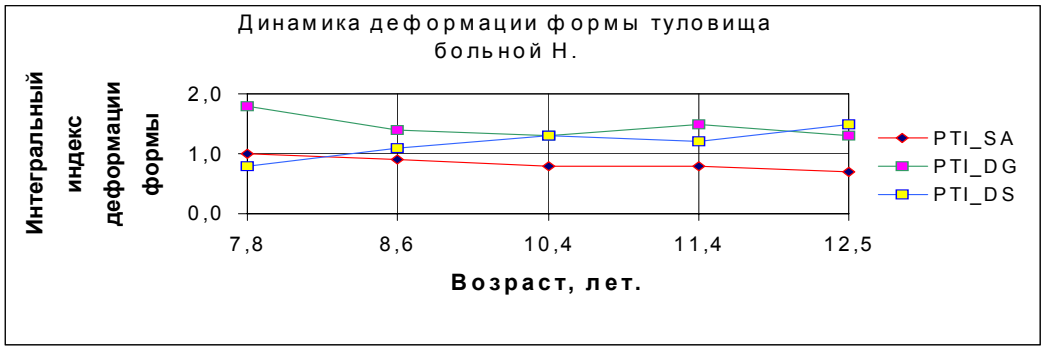
Рис.5. Результаты топографические обследования больной со стабильным течением сколиотической болезни в возрасте: а) 7.8 лет, б) 8.6 лет, в) 10.4 лет, г) 11.4 лет, д) 12.5 лет



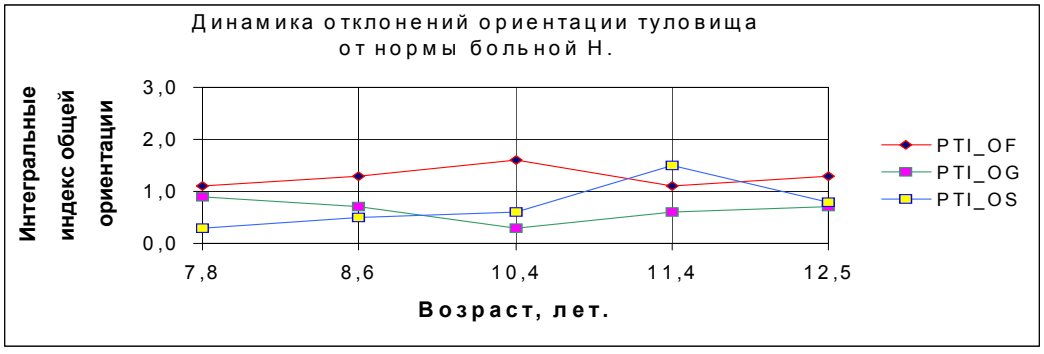
а)



б)



в)



г)

Рис. 6. Графики динамики топографических и рентгенологических параметров больной со стабильным течением сколиотической болезни

Также были выявлены незначительные нарушения осанки: индекс PTI составлял 1.2 с основными нарушениями во фронтальной (индекс PTI-F = 1.2) и горизонтальной (индекс PTI-G = 1.4) плоскостях. Все отдельные топографические параметры, входящие в дескрипторы Д1-Д7 (см. приложение) соответствовали нарушениям осанки не более I степени, за исключением горизонтальных и сагиттальных углов ориентации лопаток (дескриптор Д4).

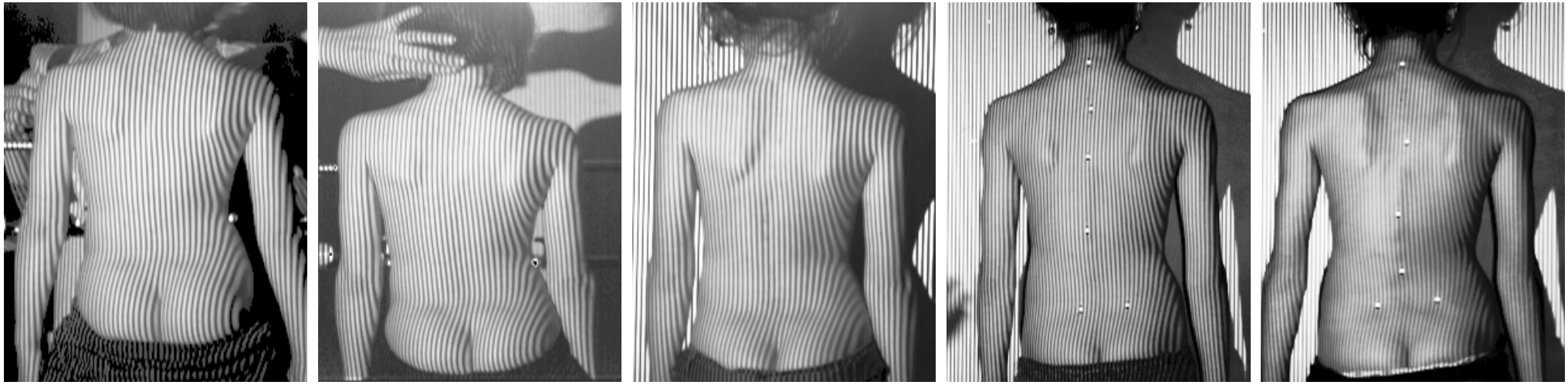
На рис.5б-5д представлены выходные формы топографических обследований больной с результатами ее динамических наблюдений, соответствующих снимкам, приведенным на рис.4б-4д., а на рис.6 - графики динамики топографических и рентгенологических данных, отражающих состояния больной за период наблюдения. На рис.6а приведены совмещенные графики динамики углов Кобба и латеральной асимметрии (хотя и для данной больной оба обследования не совсем точно совпадают по времени см. рис.4). Оба графика практически совпадают, при этом, для первой половины времени наблюдения, когда рентгенологический угол Кобба был менее 10°, топографические результаты давали более завышенную (на 3-5°) оценку. В дальнейшем наблюдается хорошее совпадение топографической и рентгенологической оценок. Приведенные на рис.6б-6г графики интегральных индексов нарушения формы дорсальной поверхности туловища демонстрируют отсутствие значительной динамики, что согласуется с отсутствием прогрессирования деформации позвоночника. При этом более стабильное поведение отмечается для общего индекса PTI, величина которого за период наблюдения медленно нарастает от 1.2 до 1.3. Следует также отметить, что ни один индекс не выходит за пределы значения 2, т.е. II степени нарушений осанки.

4.5.3. Пример топографической и рентгенологической динамики больной с умеренно прогрессирующим течением заболевания

Больная Ж. поступила в школу в возрасте 8 лет с диагнозом: идиопатический левосторонний грудопоясничный сколиоз II степени. Диагноз был подтвержден рентгеновским снимком в возрасте 7 лет (выявлена дуга с вершиной на уровне Th12 величиной 23°). На рис.7а-7д представлен динамический ряд изображений спины больной, отснятых при ее топографических обследованиях в течение 4-х лет с указанием над снимками возраста на момент обследования. На рис.4е-4к приведены изображения рентгенограмм позвоночника больной также с указанным под каждым рисунком возраста на момент съемки.

На протяжении всего вышеуказанного периода больная получала стандартный курс лечения. На момент начала топографических наблюдений в возрасте 9 лет рентгенологически определялись две дуги искривления: левосторонняя грудопоясничная с вершиной на уровне L1 величиной 14° и правосторонняя грудная с вершиной на уровне Th8 величиной 9°. Топографическое обследование, проведенное в это же время (рис.8), выявило левостороннюю грудопоясничную дугу с вершиной на уровне L1 и латеральной асимметрией 15.0° и правостороннюю грудную дугу с вершиной на уровне Th7 и латеральной асимметрией 8.9°, что совпадает с рентгенологическими данными. Также выявлены нарушения осанки: индекс PTI составлял 1.5 с основными отклонениями от нормы в горизонтальной (индекс PTI-G = 2.0) плоскости, что обусловлено скручиванием туловища вокруг своей оси, соответствующим III степени отклонения от нормы (дескриптор Д2). Кроме того, зафиксирован перекос таза II степени (дескриптор Д1).

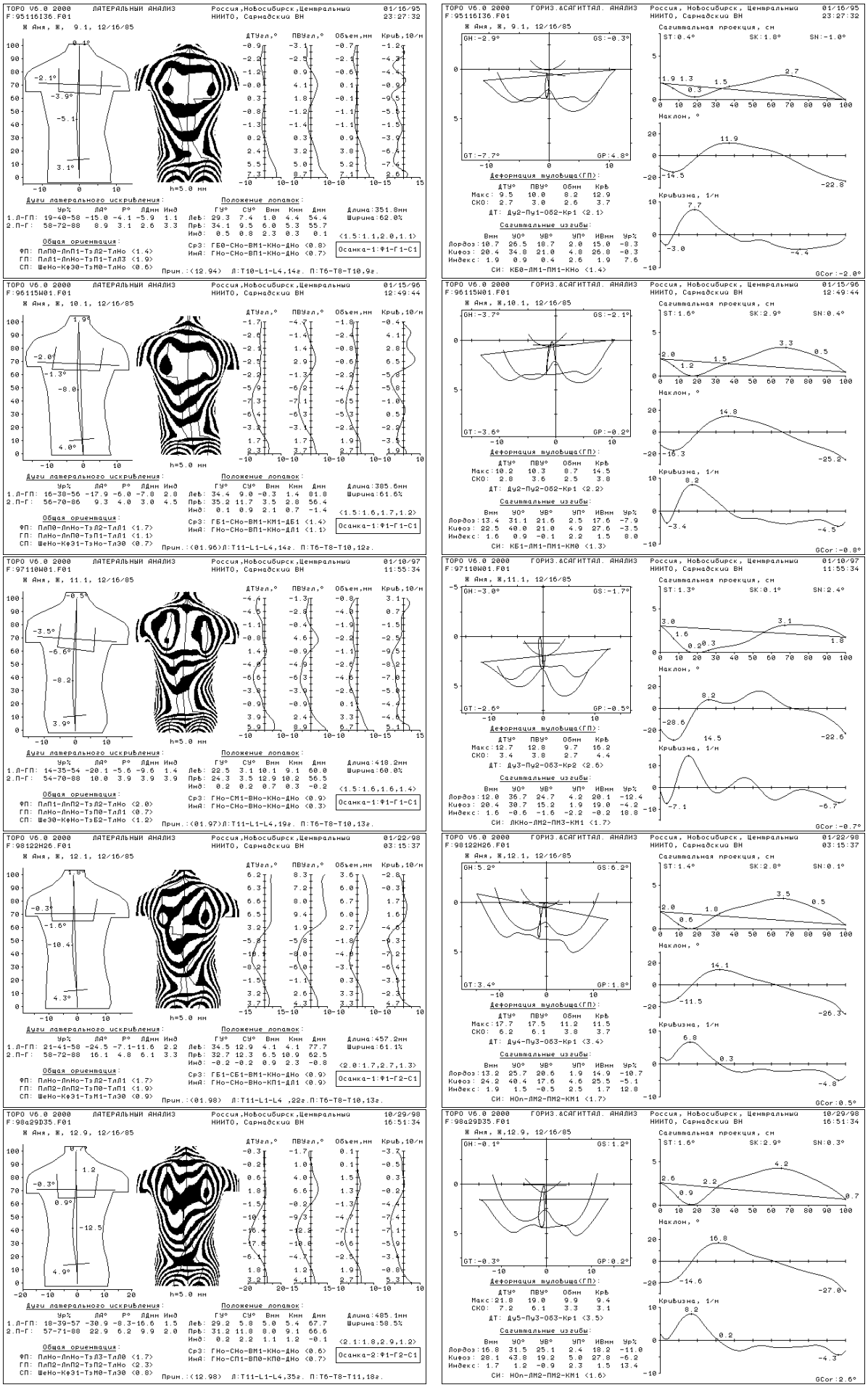
На рис.8б-8д представлены выходные формы топографических обследований больной с результатами ее динамических наблюдений, соответствующие снимкам рис.7б-7д., а на рис.9 - графики динамики топографических и рентгенологических параметров, отражающих состояния больной за период наблюдения.



а) 9.1 лет б) 10.1 лет в) 11.1 лет г) 12.1 лет д) 12.9 лет

е) 9 лет ж) 10.1 лет з) 11.1 лет и) 12.1 лет к) 13.1 лет

Рис. 7. Динамические наблюдения больной с умеренно прогрессирующим течением сколиотической болезни



а)

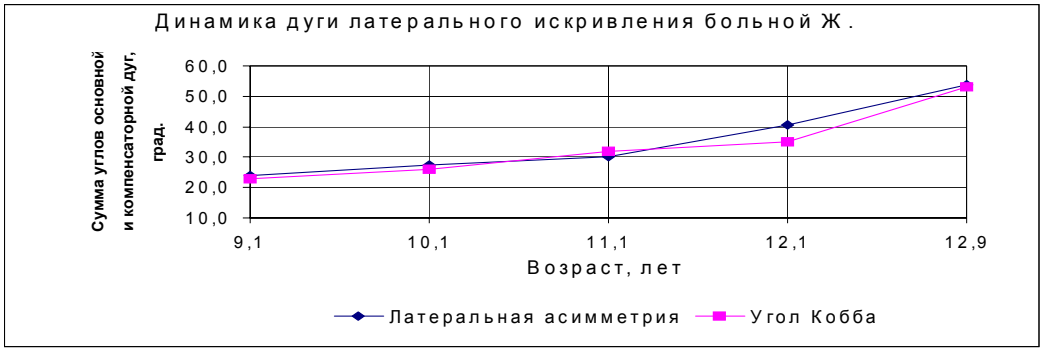
б)

в)

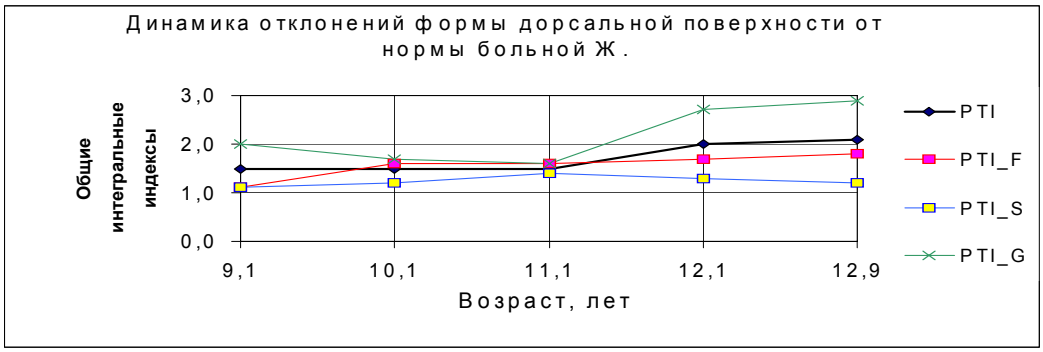
г)

д)

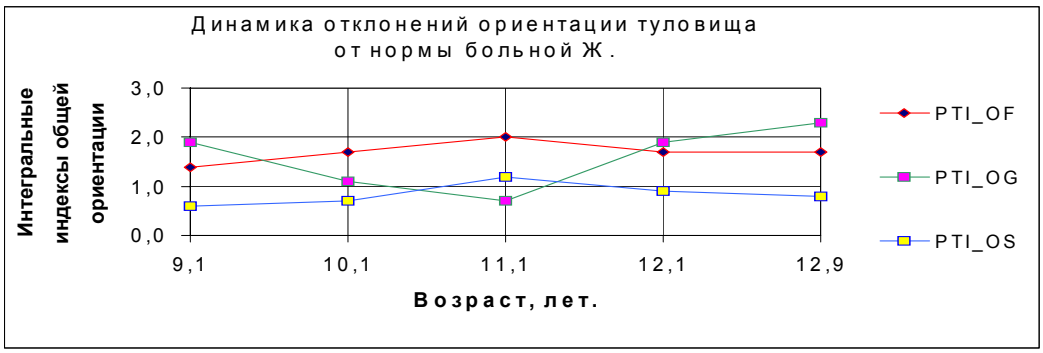
Рис.8. Результаты топографические обследования больной с умеренно прогрессирующим течением сколиотической болезни в возрасте: а) 9.1 лет, б) 10.1 лет, в) 11.1 лет, г) 12.1 лет, д) 12.9 лет



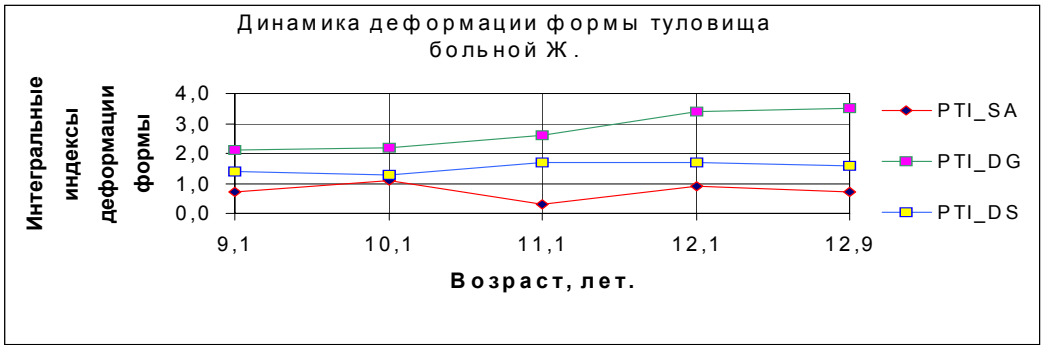
а)



б)



в)



г)

Рис. 9. Графики динамики топографических и рентгенологических параметров больной с умеренным прогрессированием сколиотической болезни

На рис.9а приведены совмещенные графики динамики суммы углов по Кобба основной и компенсаторной дуг и аналогичной суммы углов латеральной асимметрии. Оба графика практически совпадают и показывают умеренную динамику вышеуказанных параметров (в среднем по 4° в год на одну дугу искривления). При этом до 11 лет отмечаются более низкие темпы прогрессирования дуг искривления (около 2° градусов в год на одну дугу) и более быстрые после этого возраста (около 6°).

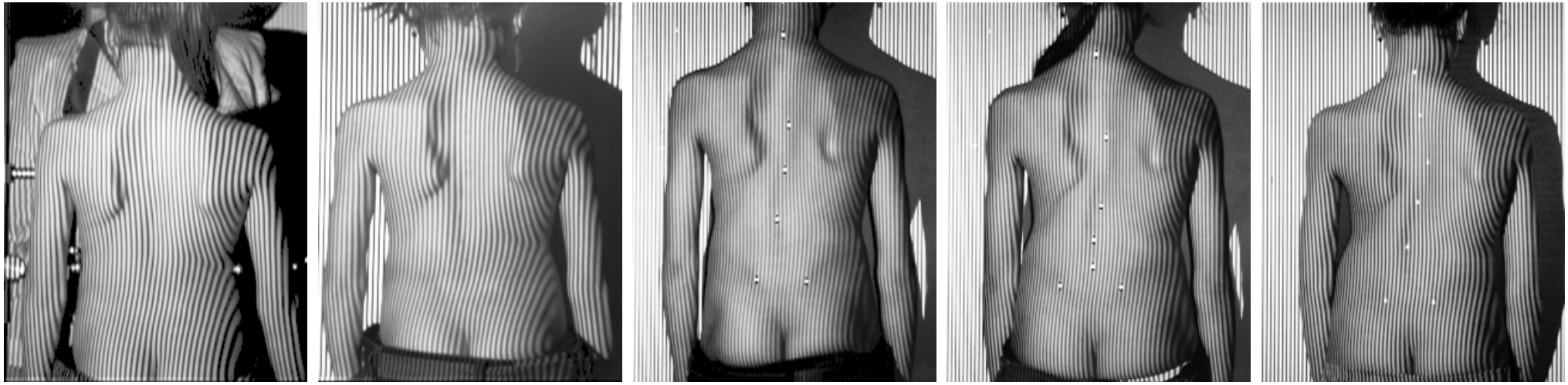
Приведенные на рис.9б-9г графики интегральных индексов нарушения формы дорсальной поверхности туловища демонстрируют еще более ощутимую разницу в динамике состояния больной до и после 11 лет. При этом более значительные изменения наблюдаются у общего индекса нарушений в горизонтальной плоскости (PTI-G). Это свидетельствует о том, что у данной больной превалирует ротационный компонент деформации позвоночника, и это заставляет по другому оценить результаты первого топографического обследования, где также доминировали нарушения в горизонтальной плоскости. Следует также отметить, что поведение общего индекса PTI хорошо соотносится с динамикой деформации позвоночника - стабильное состояние до 11 лет и прогрессирование после.

4.5.4. Пример топографической и рентгенологической динамики больной с быстро прогрессирующим течением сколиотической болезни

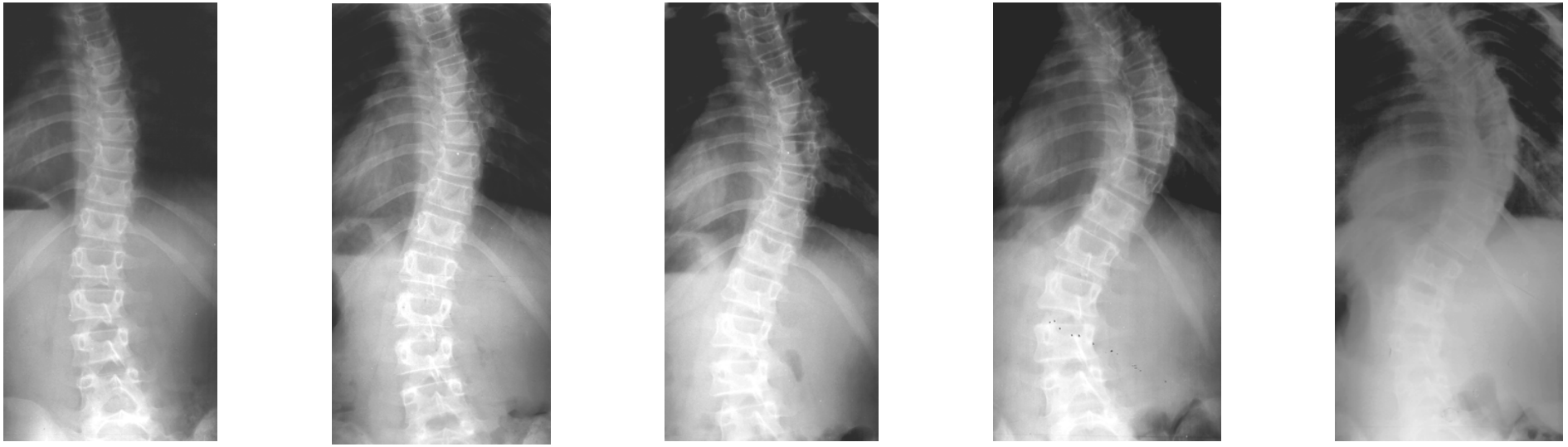
Больная Б. поступила в школу в возрасте 7 лет с диагнозом: идиопатический правосторонний грудной сколиоз II степени с противоискривлением в грудопоясничном отделе. Диагноз был подтвержден рентгеновским снимком в возрасте 7 лет (выявлена основная дуга с вершиной на уровне Th9 величиной 24° и дуга противоискривления с вершиной на уровне L2 величиной 23°). На рис.10а-10д представлен динамический ряд изображений спины больной, отснятых при ее топографических обследованиях в течение 4-х лет с указанием под каждым из снимков возраста на момент обследования. На рис.10е-10к приведены изображения рентгенограмм ее позвоночника также с указанием под каждым рисунком возраста на момент съемки.

На протяжении всего периода больная получала стандартный курс лечения. Топографическое обследование больной, проведенное в возрасте 9.5 лет (рис.11а), выявило правостороннюю грудную дугу с вершиной на уровне Th7-Th8 и латеральной асимметрий 28.8°, а также левостороннюю дугу с вершиной на уровне L1 и латеральной асимметрий 23.1°, что с учетом динамики позволяет судить о совпадении полученных данных с рентгенологическими. Также были выявлены существенные нарушения осанки: индекс PTI составлял 2.1 с основными отклонениями от нормы в горизонтальной (индекс PTI-G = 2.1) и сагиттальной (индекс PTI-S = 2.7) плоскостях, что было обусловлено наличием формирующегося реберного горба (индекс PTI-DG = 3) и нарушением физиологических изгибов позвоночника в сагиттальной плоскости по типу лордозирования (индекс PTI-DS = 3.2). Кроме того, была зафиксирована выраженная асимметрия лопаток (дескриптор Д5) с максимальными отклонениями от нормы III степени для ориентации в сагиттальной плоскости.

На рис.11б-11д представлены выходные формы топографических обследований больной с результатами ее динамических наблюдений, соответствующих снимкам приведенным на рис.10б-10д., а на рис.12 показаны графики динамики топографических и рентгенологических параметров, отражающих состояние больной за период наблюдения. На рис.12а приведены совмещенные графики динамики суммы углов Кобба основной и компенсаторной дуги и аналогичной суммы углов латеральной асимметрии, хотя в данном случае топографическое и рентгенологическое обследования в начальном периоде наблюдений не совсем точно совпадают по времени (рис.10). Оба графика почти совпадают и показывают быструю динамику (в среднем по 7° в год на одну дугу искривления). При этом после 10.5 лет отмечается некоторое нарастание скорости прогрессирования.

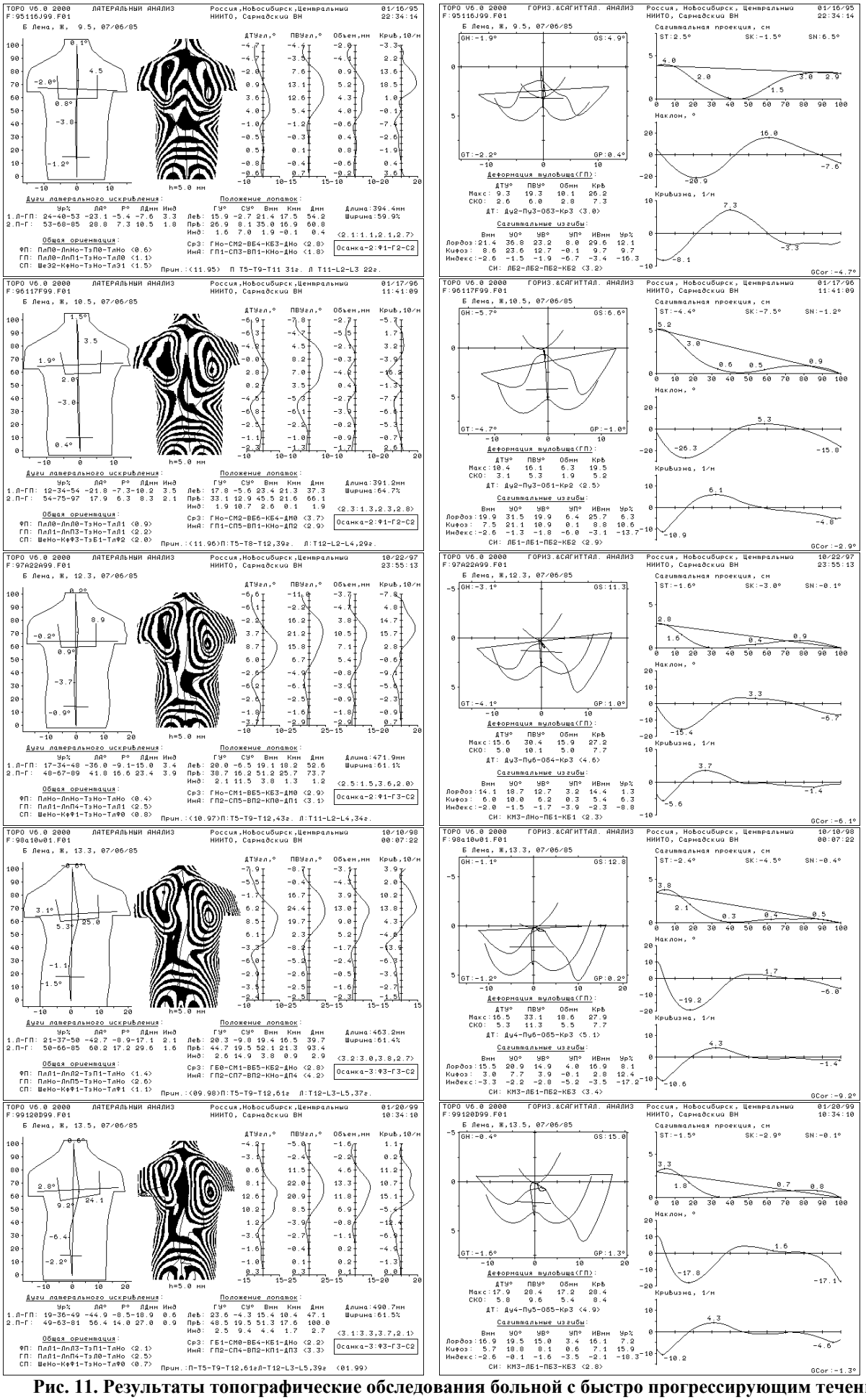


а) 9.5 лет б) 10.5 лет в) 12.3 лет г) 13.3 лет д) 13.5 лет



е) 10.3 лет ж) 11.3 лет з) 12.3 лет и) 13.3 лет к) 13.5 лет

Рис. 10. Динамические наблюдения больной с быстро прогрессирующим течением сколиотической болезни



а)

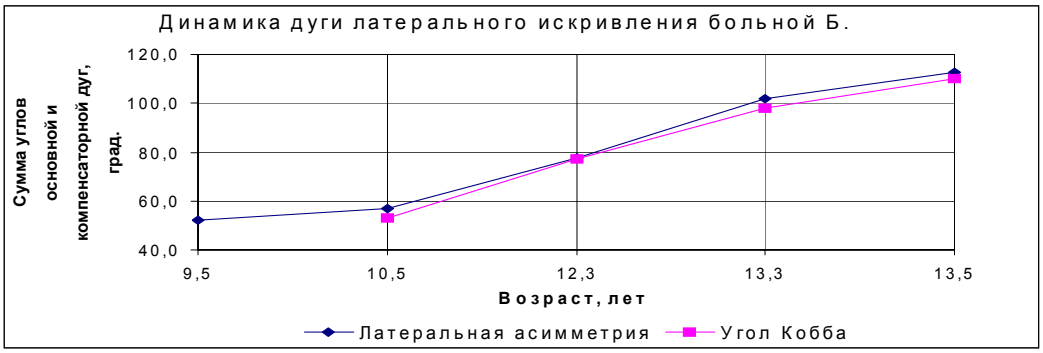
б)

в)

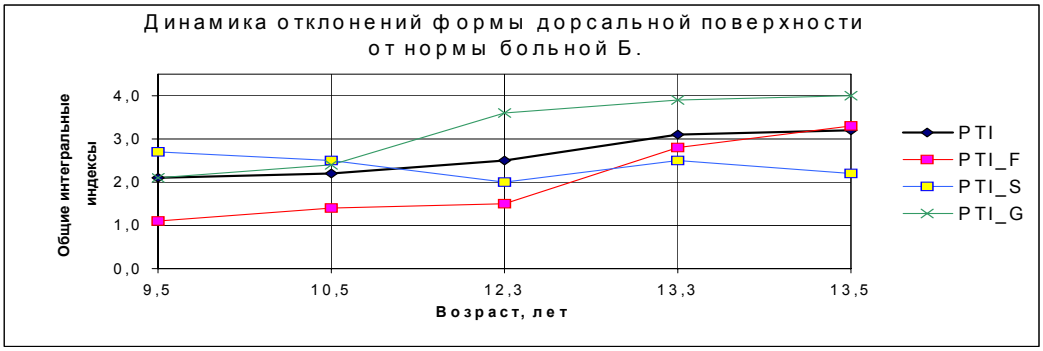
г)

д)

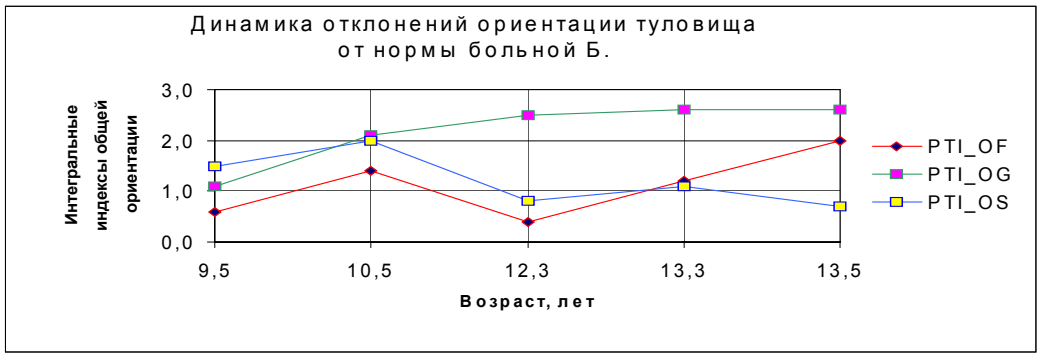
Рис. 11. Результаты топографические обследования больной с быстро прогрессирующим течением сколиотической болезни в возрасте: а) 9.5 лет, б) 10.5 лет, в) 12.3 лет, г) 13.3 лет, д) 13.5 лет



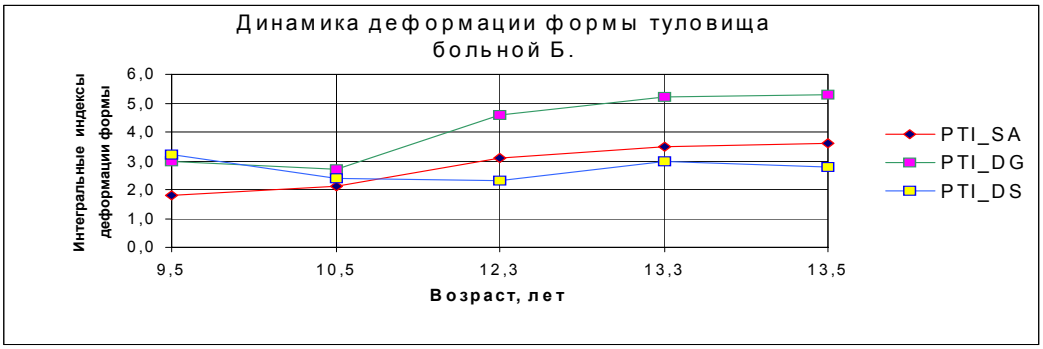
а)



б)



в)



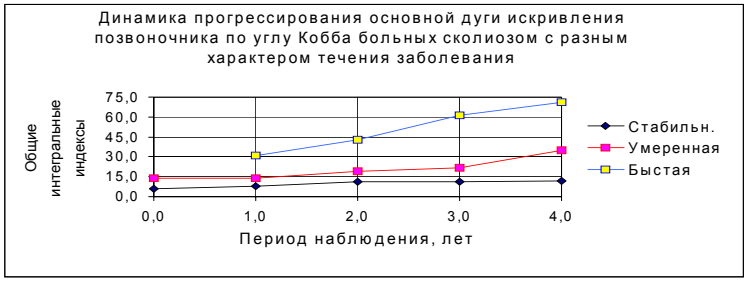
г)

Рис. 12. Графики динамики топографических и рентгенологических параметров больной с быстрым прогрессированием сколиотической болезни

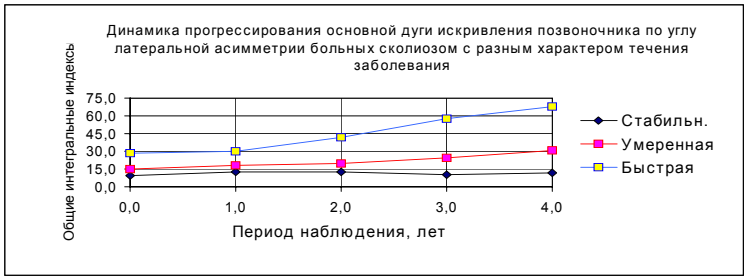
Приведенные на рис.12б-12г графики интегральных индексов нарушений формы дорсальной поверхности туловища также демонстрируют изменения в динамике, начиная с возраста 10.5 лет. При этом следует выделить, что наибольшие нарушения наблюдаются в горизонтальной плоскости, где индекс PTI-G к концу периода наблюдения приближается к отметке 4. Форма графика PTI близка к форме графика динамики латерального искривления (рис.12а). Это свидетельствует о том, что при выраженных деформациях позвоночника (более 30°) нарушения формы дорсальной поверхности туловища носят системный характер, наблюдаются во всех трех плоскостях и имеют тенденцию к быстрому нарастанию при увеличении деформации позвоночника. Другими словами, интегральный индекс PTI становится более жестко связанным с динамикой латерального искривления позвоночника. Следует отметить, что форма графика индекса асимметрии лопаток PTI-SA также близка к форме графика латерального искривления PTI, что обусловлено локализацией основной дуги в грудном отделе и свидетельствует о том, что индекс PTI-SA информативен для оценки состояния больных сколиозов с аналогичной локализацией деформаций позвоночника.

4.5.5. Сравнение динамики разных по характеру течения форм сколиоза

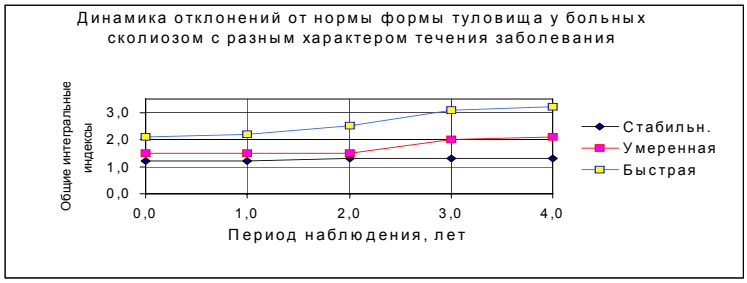
На рис.13а-б приведены графики динамики топографических и рентгенологических параметров больных, у которых наблюдалось стабильное, умеренное и быстрое прогрессирование развития заболевания.



а)



б)



в)

Рис. 13. Графики динамики рентгенологических и топографических параметров больных с разным характером течения сколиотической болезни

На рис.13а показана динамика основной дуги, оцененной по рентгенологическим данным посредством угла Кобба, на рис.13б - угла латеральной асимметрии, а на рис.13в - общего индекса нарушения формы дорсальной поверхности (PTI). Для каждой из трех больных поведение всех трех графиков достаточно точно повторяется. Это свидетельствует о том, что топографические данные адекватно отражают состояние больных с деформацией позвоночного столба, и эти данные могут быть использованы для проведения мониторинга больных сколиозом, существенно сокращая объем рентгенологических обследований. Особенно это касается стабильных и умеренно прогрессирующих форм развития патологии.

5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА

Метод топографического мониторинга больных сколиозом разрабатывался при участии школы-интерната №133 санаторного типа для детей больных сколиозом - клинической базы Новосибирского НИИТО, где, начиная с 1995 года, проводились ежегодные топографические и рентгенологические обследования 165 детей. Анализ накопленного в течение 5-ти лет клинического материала позволил разработать в последней версии программного обеспечения системы ТОДП новые топографические параметры: угол латеральной асимметрии и интегральные индексы нарушений формы дорсальной поверхности туловища, которые могут быть эффективно использованы для оценки динамики развития деформации позвоночника, что подтверждают приведенные в данном пособии примеры.

По сравнению с рентгеном использование топографического метода для задач мониторинга больных сколиозом имеет ряд несомненных преимуществ:

- полная безвредность для пациентов и обслуживающего персонала;
- отсутствие дорогостоящих расходных материалов;
- отсутствие ограничений на число обследований пациента в год;
- полная автоматизация процесса ввода снимков пациентов и их обработки и, следовательно, низкая трудоемкость проведения обследований;
- высокая скорость обработки, обеспечивающая возможность получения результатов в присутствии пациентов;
- получение наряду с оценкой деформаций позвоночника полного количественного описания формы дорсальной поверхности туловища;
- сохранение всех результатов обследования в базе данных.

Представленные в пособии результаты показывают, что описанная методика топографического мониторинга больных сколиозом позволяет на 70-80% снизить лучевую нагрузку, и это можно считать основным ее достоинством. Следует также подчеркнуть, что на основе метода компьютерной оптической топографии в перспективе может быть создана единая система превентивной детской вертебрологии, включающая:

- регулярные массовые скриниг-обследования детского населения;
- мониторинг состояния детей с выявленной патологией;
- своевременное определение показаний для консервативного и оперативного лечения;
- оценка результатов лечения.

Для реализации указанных перспектив требуется определенное время, а также большая работа по популяризации этого нового метода и его признанию со стороны представителей практической медицины. Авторы надеются, что определенную роль в решении этой задачи сыграет и данное пособие для врачей.

СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Cobb J.R.**, Outline for the study of scoliosis. Instructional Course Lectures.V5. Edited by J.W.Edwards, Ann Arbor, Amer. Acad. of Orthopedic Surg., 1948, 261-275.
2. **Lonstein J.E.**, Patient evalution, Moe's textbook of scoliosis and other spinal deformities(Ed.Bradford et al.), Saunders, Philadelpia, 1987, 46-87.
3. **Nash, C.L., Gregg, E.C., Brown R.H., Pillac, K.**, Risk of exposure to X rays in patients undergoing long term treatment for Scoliosis, J. Bone Joint Surg., 1979, 61A, 371-375.
4. **Sridhar, P., Gregg, E**., A revised estimate of risk of carcinogenessis from X ray to scoliosis patient, Investigative Radiology, 1983, 58-60.
5. **Hoffmann D.A., Lonstein J.E., Morin M.M., Visscher W., Harris B.S., Boice, J.D**., Breast cancer in women whith scoliosis exposed to multiple diagnostic X rays, J.Nat.Can.Inst. 1989, 81, 1370-1371
6. **Gortze H.G.** Der Rotationsindex bei idiopathischen Thorakalskoliosen, Z.f. Orthop.,1973, 111, 737-743.
7. **Burwell R.G.,James N.J.,Johnson F.,Webb J.K. and Wilson Y.G.** Standardised Trunk Asymmertry Scores. A study of Back Contour in Healthy Scoolchildren. J. Bone and Joint Surg., 1983, V65-B, N4, 452-463.
8. **Murrell G.A.C., Coonrad R.W., Moorman C.T. , Fitch R.D**., An Assessment of the Reliability of the Scoliometr, SPINE, 1993, 18, 709-712.
9. **Pun W., Luk K.D., Lee W., Leong J.C**. A simple method to estimate rib hump in scoliosis. Spine, 1987, 12, pp. 342 - 345.
10. **Willner S**. Spinal pantograph-A non-invasive anthropometric device for describing postures and asymmetries of the trunk. J. Pediatr. Orthop.,1983, V 3, 245-249.
11. **Takasaki H.** Moire Topography, Appl. Opt., 1970 9, 1467-1472.
12. **Inoue S. et al**. () Moire topography. Orthop Surg., 1977, 28, 746-755.
13. **Pope M.H., Wilder D.G., Moreland M.S., Frymoyer J.W.** Moire fringe topography of the scoliotic back, Orthop. Trans., 1978, 2, 175.
14. **Suzuki N.**, Early detection of scoliosis using Moire topography, Orthop. Traum, 1979,22, 251-260.
15. **Kamal S.A. and Lindseth R.E.**, Moire Topography for the Detection of Orthopedic Defects, SPIE,1981, 240, 293-295.
16. **Turner-Smith, A.R.** Television scanning technique for topographic body measurements, Biostereometrics'82, SPIE, 1983, 279-283.
17. **Dawson E.G., Kropf M.A., Purcell G., Kabo J.M., Kanim E.A., Burt C.** Optoelectronic Evaluation of Trunk Deformity in Scolios, Spine ,1993,Vol.18, 326-331.
18. **Drerup B., Hierholzer E.** Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. Clin. Biomech., V 9, N1, (1994), 28-36.
19. **Wojcik A.S., Phillips G.F., Mehta M.H.** Recording of the back surface and spinal shape by the Quantec imaging system - a new technique the scoliosis clinic. J. Bone Joint Surg., V 76-B (Supp.I), (1994), 10-11.
20. **Сарнадский В.Н., Садовой М.А., Фомичев Н.Г.** Способ компьютерной оптической топографии тела человека и устройство для его осуществления. Евразийский патент N 000111, 1998 .

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ И ОБСЛЕДОВАНИЯ ДОРСАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПАЦИЕНТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ К ПОСОБИЯМ ДЛЯ ВРАЧЕЙ:

1. **СКРИНИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ;**
2. **МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ;**
3. **КОНТРОЛЬ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА**

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТОДП

1.1. Состав и назначение технических средств системы ТОДП

Общий вид системы ТОПД в момент съемки пациента показан на рис.1. Технические средства ТОДП состоят из оптической схемы, комплекса цифровой обработки изображений и специального программного обеспечения.

Оптическая схема ТОДП включает проектор 1, ТВ камеру 2 и эталонную плоскость 4 с установочным местом для пациента 6. Проектор используют для проецирования на спину пациента изображения вертикальных полос, ТВ камера вводит при съемке пациента это изображение в компьютер. Эталонная плоскость ориентирована вертикально и служит базовой (нулевой) поверхностью, относительно которой определяют рельеф дорсальной поверхности обследуемых пациентов. Оптическая схема ТОПД определенным образом размещена в пространстве и требует точной ориентации проектора, ТВ камеры и эталонной плоскости. Конструкция оптической схемы ТОДП предусматривает возможность изменения дистанции съемки (расстояния от эталонной плоскости) для обеспечения возможности обследования пациентов с 5 летнего возраста и старше. Оптическую схему размещают в помещении стационарно на площади размером 1.8*5.5 м. Для нормального функционирования ТОДП помещение должно иметь бетонный пол и возможность затенения от прямого попадания солнечного света.

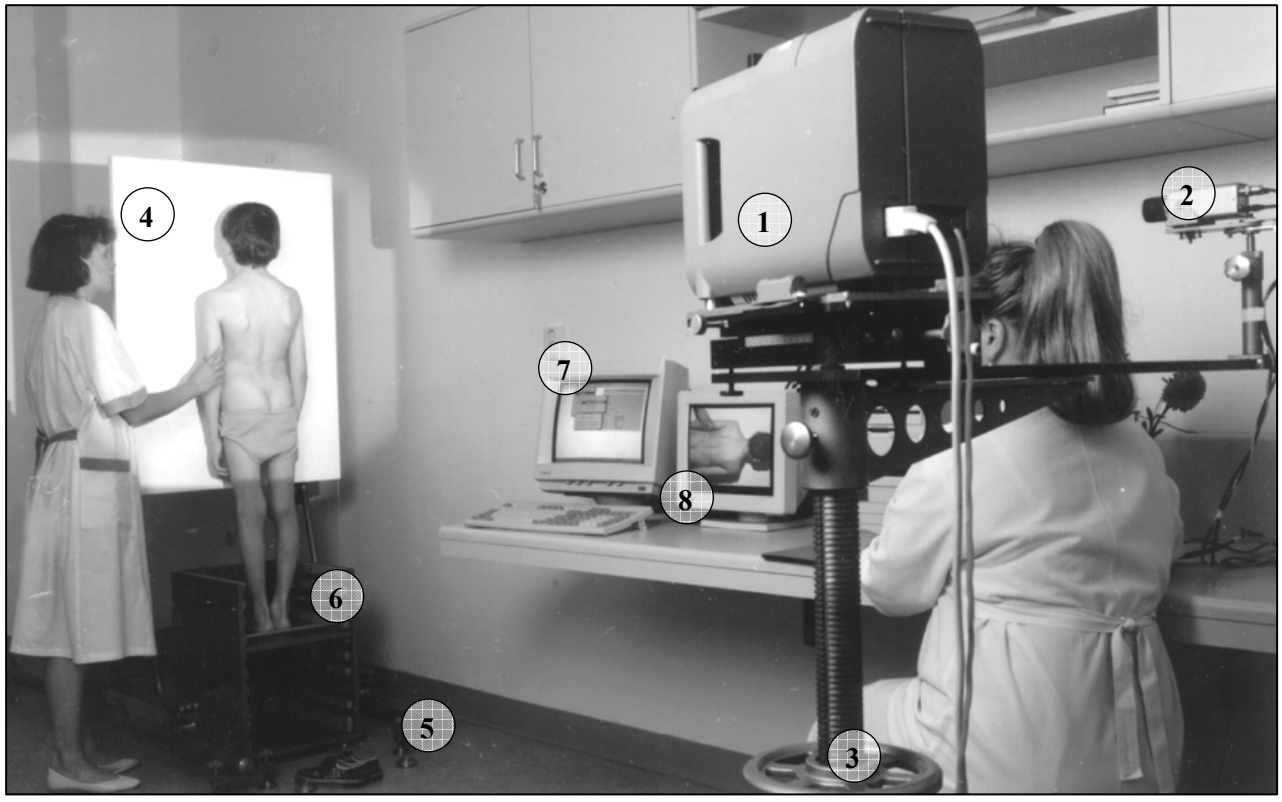


Рис. 1. Топографическое обследование дорсальной поверхности туловища пациента на системе ТОДП

1 - проектор;
2 - ТВ камера;
3 - стойка проектора и ТВ камеры с механизмами для юстировки;
4 - эталонная плоскость;
5 - направляющие рельсы для перемещения эталонной плоскости;
6 - установочное место пациента с регулировкой высоты установки;
7 - цветной монитор компьютерного комплекса системы ТОДП;
8 - дополнительный черно-белый монитор

Комплекс цифровой обработки изображений, структурная схема которого приведена на рис. 2, базируется на ЭВМ типа IBM PC “Pentium” в стандартной конфигурации: системный блок; SVGA монитор; клавиатура; манипулятор "Мышь"; лазерный принтер; и включает дополнительные средства для цифровой обработки изображений: видеодисплейную систему и черно-белый ТВ монитор. Видеодисплейная система вставляется в системный блок компьютера и обеспечивает ввод в компьютер изображений, поступающих с ТВ камеры. Видеодисплейная система имеет собственную память для хранения изображений и позволяет также отображать их в телевизионном темпе на экране дополнительного черно-белого монитора. Это позволяет отображать все основные процессы ввода и обработки снимков пациентов. Вводимые под управлением оператора снимки пациентов записывают для долговременного хранения в архив на жесткие диски и затем обрабатывают с получением данных в виде полутоновых изображений и выходных форм с графическими и количественными результатами.

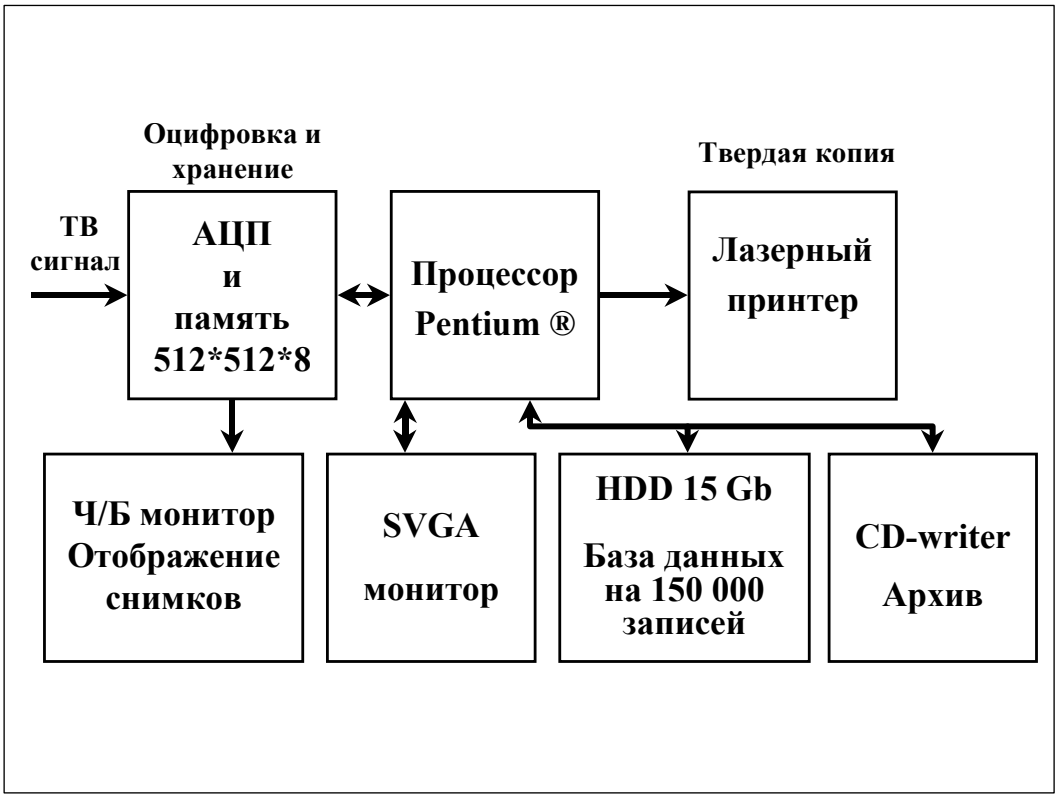


Рис. 2. Комплекс цифровой обработки изображений системы ТОДП

1.2. Программное обеспечение системы ТОДП

Программное обеспечение ТОДП выполнено в виде интегрированного пакета "TOPO" и драйверного модуля ВДС, работающих в средах MS-DOS и Windows. В пакете "TOPO" реализован дружелюбный с пользователем графический интерфейс по типу "Меню" с возможностью маршрутизации стандартных функций обработки, как показано на рис. 3.
Пакет "TOPO" обеспечивает следующие основные функции:

- юстировку и калибровку оптической схемы;
- ввод изображений обследуемых пациентов;
- сохранение изображений в файлах на дисках;
- выделение светоотражательных маркеров на исходном изображении;
- пространственное детектирование фазы полос;
- выделение границ дорсальной поверхности туловища;

- восстановление формы обследуемой поверхности;
- выделение анатомических маркеров на препарате кривизны;
- интерактивный графический анализ формы поверхности;
- генерацию выходной формы латерального анализа;
- генерацию выходной формы горизонтального и сагиттального анализа;
- печать совмещенной выходной формы на принтере;
- сохранение результатов обследования пациентов в базе данных;
- загрузку и анализ результатов обследования пациентов из базы данных.

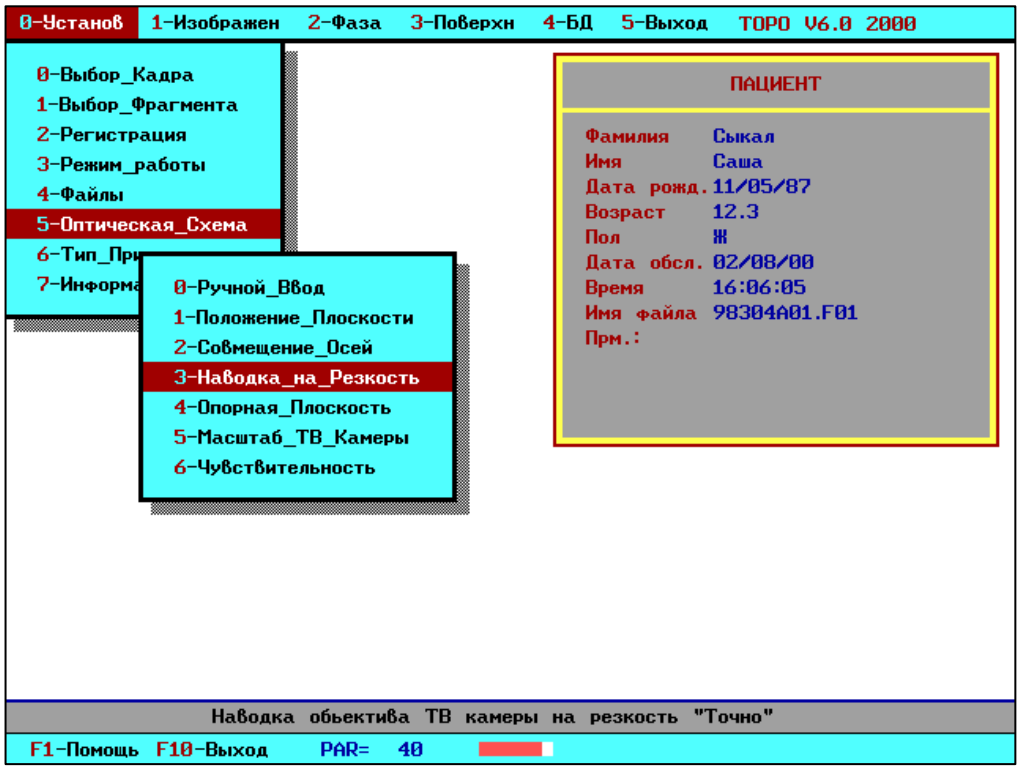


Рис. 3. Вид экранного интерфейса пакета TOPO

1.3. Основные технические характеристики системы ТОДП

– Дистанция от поверхности эталонной плоскости до входного зрачка ТВ камеры, м	**2.2 ÷ 3.5**
– Поле зрения ТВ камеры, см	**60 * 80 ÷ 80 * 120**
– Время съемки пациента, мс	**40**
– Точность определения высоты рельефа , мм	**0.5**
– Формат вводимых изображений, точек	**512 * 512**
– Формат обрабатываемых изображения, точек	**256 * 256**
– Время компьютерной обработки, сек	**10**
– Печать выходных форм на принтере, сек	**15**
– Объем хранимого исходного изображения, Кб	**65**
– Объем записи в базе данных результата одного обследования**,** Кб	**7.5**

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ТОДП

Система ТОДП обеспечивает бесконтактное и дистанционное определение формы дорсальной поверхности туловища обследуемого пациента на основе компьютерной обработки цифровых изображений и метода проекции полос с оптической схемой, представленной на рис. 4. При обследовании дорсальной поверхности туловища пациента его устанавливают перед эталонной плоскостью спиной к ТВ камере, как показано на рис.1.

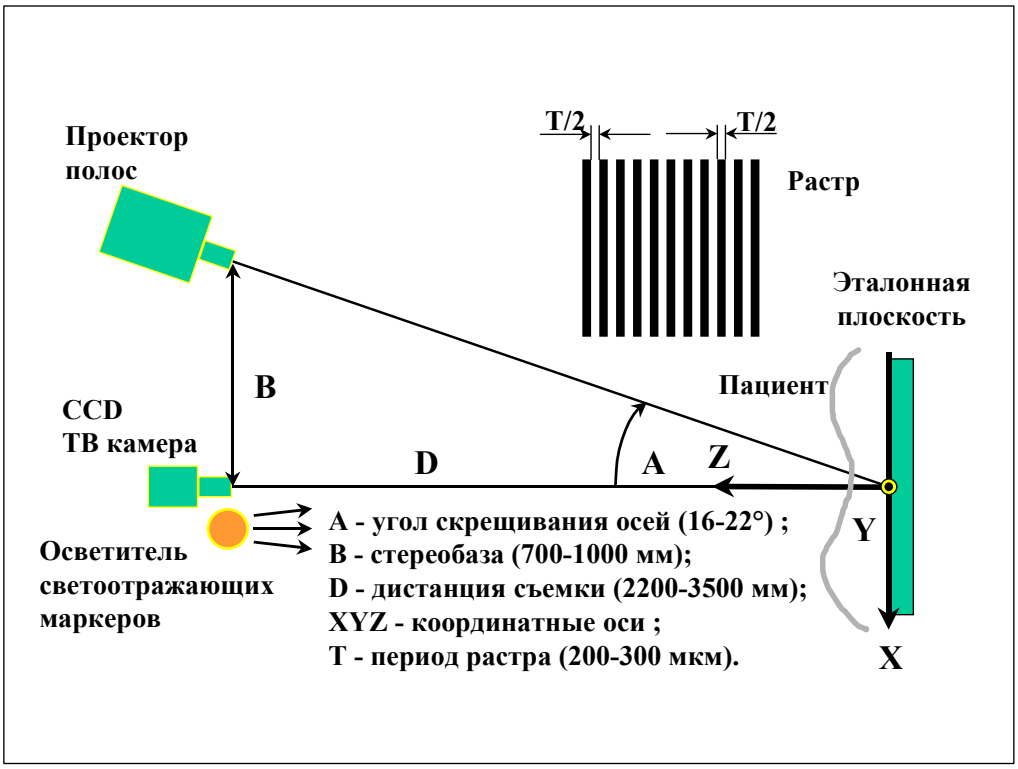
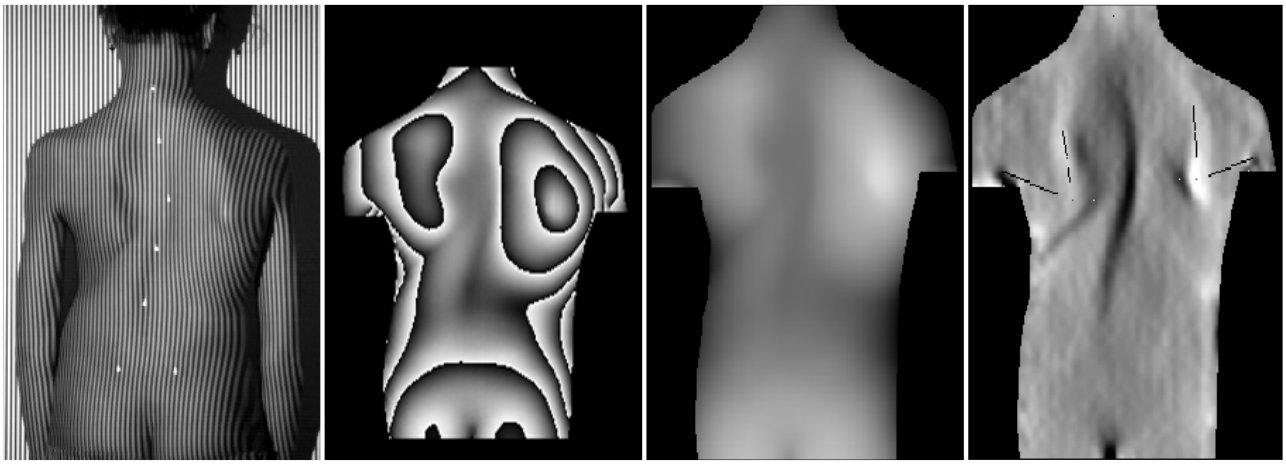


Рис. 4. Оптическая схема системы ТОДП

Как показано на рис.4 с помощью вставленного в проектор прецизионного растра на спину пациента, установленного перед эталонной плоскостью, проецируют изображение картины полос. Это изображение полос на теле пациента, как это видно на рис.5а, деформируется пропорционально рельефу поверхности его тела. Такое изображение несет в себе полную и детальную информацию о форме обследуемой поверхности в виде фазовой модуляции полос. После ввода этого изображения с помощью ТВ камеры в компьютер посредством специальных алгоритмов производится демодуляция фазы, результат которой приведен на рис.5б. По изображению демодулированной фазы компьютер создает цифровую модель восстановленной формы обследуемой поверхности, показанную на рис.5в, в каждой точке введенного исходного изображения пациента (рис.5а). Для привязки дорсальной поверхности туловища к скелету необходима дополнительная информация о положении на поверхности анатомических ориентиров костных структур. Для обозначения таких анатомических ориентиров используется их маркировка светоотражательными маркерами (светлые пятна на рис.5а), а также их алгоритмическое выделение по препарату кривизны, приведенному на рис.5г. Препарат кривизны рассчитывается для горизонтальных сечений модели восстановленной формы обследуемой поверхности.

По восстановленной поверхности и выделенным на ней анатомическим ориентирам костных структур рассчитывают многочисленные параметры, описывающие количественно форму дорсальной поверхности туловища и оценивающие деформацию позвоночника в трех плоскостях: фронтальной, горизонтальной и сагиттальной.



а) б) в) г)

Рис. 5. Полутоновые изображения дорсальной поверхности туловища пациента

а) - исходное изображение спроецированных полос;
б) - демодулированная фаза по модулю 2π спроецированных полос;
в) - цифровая модель восстановленной формы поверхности;
г) - препарат кривизны горизонтальных сечений восстановленной формы поверхности

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Обследование пациентов на системе ТОДП осуществляют прошедшие специальную подготовку врач-ортопед и медицинская сестра: медсестра занимается обследуемыми пациентами**,** а врач работает за компьютером и анализирует результаты обследования.

Для проведения обследования у пациента должна быть обнажена полностью верхняя часть туловища до пояса. На дорсальной поверхности туловища пациента путем пальпации находят и маркируют определенные точки - анатомические ориентиры костных структур с помощью одноразовых маркеров из специальной светоотражательной пленки с липкой обратной стороной, которые наклеивают на анатомические точки. При скрининг-обследованиях маркируют три точки: наиболее выступающий остистый отросток позвонков C7 или Th1 (“Vertebra prominens”) и задние верхние подвздошные ости (“Spina iliaca posterior superior”). При обследовании больных сколиозом у них маркируют линию остистых отростков: не менее 3 маркеров на каждую дугу латерального искривления позвоночника.

Для топографической съемки пациента помещают на установочном месте (поз.6, рис. 1) перед эталонной плоскостью (поз.4) спиной к ТВ камере (поз.2). Для получения корректных результатов требуется, чтобы вся обследуемая дорсальная поверхность туловища пациента, от границы корней волос на шее до середины ягодиц была освобождена от любых предметов, затеняющих или прикрывающих поверхность кожи (длинных волос, цепочек, пластырей, бинтовых повязок, нижнего белья).

При обследовании обычно используют естественную позу пациента, которая позволяет оценивать его привычную осанку и выявлять наличие деформаций позвоночника в трех плоскостях. Для углубленных обследований при проведении топографической съемки пациентов используют дополнительно функциональные позы в положении стоя. В момент съемки пациент по команде медсестры должен зафиксировать свою позу на 1-2 сек.

4. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ДОРСАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТУЛОВИЩА ПАЦИЕНТОВ В ЕСТЕСТВЕННОЙ ПОЗЕ

Основными результатами топографического обследования на системе ТОДП являются выходные формы "**Латеральный анализ**" и "**Горизонтальный & Сагиттальный анализ**", которые после обработки снимка пациента заносятся в базу данных и могут в любой момент быть оттуда вызваны для отображения на экране монитора или распечатки на лазерном принтере.

На рис.6 показаны обе выходные формы со сквозной нумерацией всех символьных полей (нумеруются как С1, С2 и т.д.), графических элементов (нумеруются как Г1, Г2 и т.д.), дескрипторы нарушения ориентации и деформации дорсальной поверхности туловища (нумеруются как Д1, Д2 и т.д.), а также всех выводимых на них количественных параметров (нумеруются как П1, П2 и т.д.) ТОРО V6.0 2000. В таблице 1 приведено краткое описание символьных полей, графических элементов и дескрипторов, а в таблице 2 - описания количественных топографических параметров.

4.1. Параметры оценки деформации позвоночника во фронтальной плоскости

В версии ТОРО V6.0 2000 разработан специальный алгоритм для выявления дуг латерального искривления позвоночника по топографическим данным. Для каждой выявленной дуги латерального искривления позвоночника рассчитываются следующие параметры:

- уровень нижней границы дуги на относительной шкале **Г1** (П7.1) ;
- уровень вершины дуги (П7.2);
- уровень верхней границы дуги (П7.3);
- угол латеральной асимметрии - топографический аналог рентгенологического угла Кобба (П7.4);
- ротация позвоночника в вершине дуги латерального искривления относительно верхней и нижней границы дуги (П7.5);
- латеральное отклонение осевой линии позвоночника в вершине дуги относительно верхней и нижней границы дуги (П7.6);
- индекс соотношения транспозиционного и ротационного компонента дуги латерального отклонения осевой линии позвоночника (П7.7)**.**

Для привязки уровня локализации дуг латерального искривления к позвонкам необходимо использовать таблицу 3, которая получена по статистическим рентгенологическим данным усредненным для разных возрастных групп.

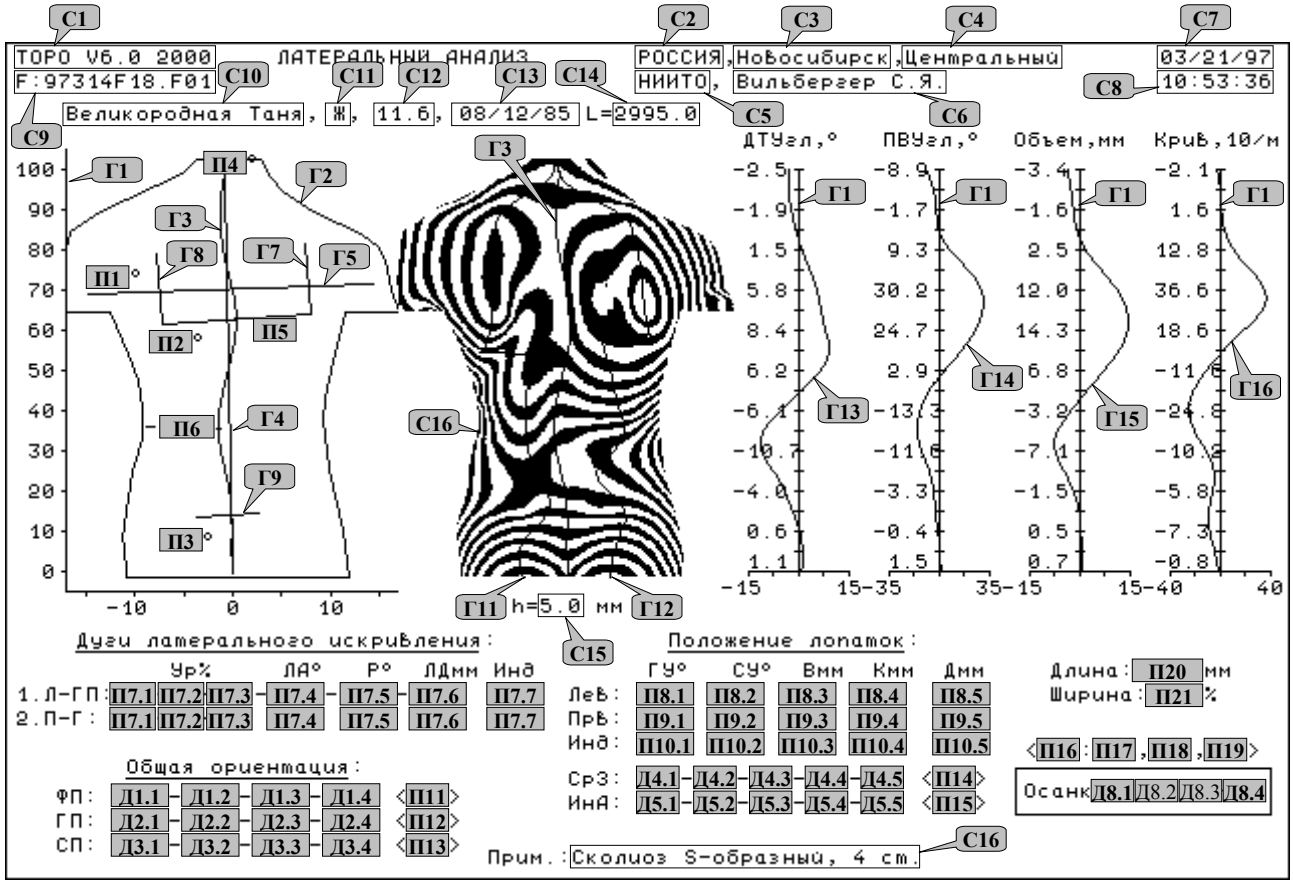
4.2. Параметры оценки деформации позвоночника в сагиттальной плоскости

Для оценки физиологических изгибов позвоночника в **СП** и сравнения их величины с нормой используют интегральную нормированную высоту дуги поясничного лордоза и грудного кифоза, соотношение протяженности этих дуг и их сбалансированность. Интегральные нормированные высоты дуг лордоза (П44.5) и кифоза (П45.5) рассчитывают по формулам:

$$IHL = \frac{1}{4}\cdot\left(\frac{HL\cdot Lng}{Lng^{H}} + HL^{H}\cdot\left(\frac{A1L}{A1L^{H}} + \frac{A2L}{A2L^{H}} + \frac{A3L}{A3L^{H}}\right)\right), \quad (1)$$

$$IHK = \frac{1}{4}\cdot\left(\frac{HK\cdot Lng}{Lng^{H}} + HK^{H}\cdot\left(\frac{A1K}{A1K^{H}} + \frac{A2K}{A2K^{H}} + \frac{A3K}{A3K^{H}}\right)\right), \quad (2)$$

где Lng^{H} **-** длина туловища, для которой рассчитана норма высоты лордоза и кифоза; HL^{H}**,** $A1L^{H}$**,** $A2L^{H}$**,** $A3L^{H}$ **-** значения нормы для параметров дуги лордоза, а HK^{H}**,** $A1K^{H}$**,** $A2K^{H}$**,** AK^{H} значения нормы для параметров дуги кифоза.



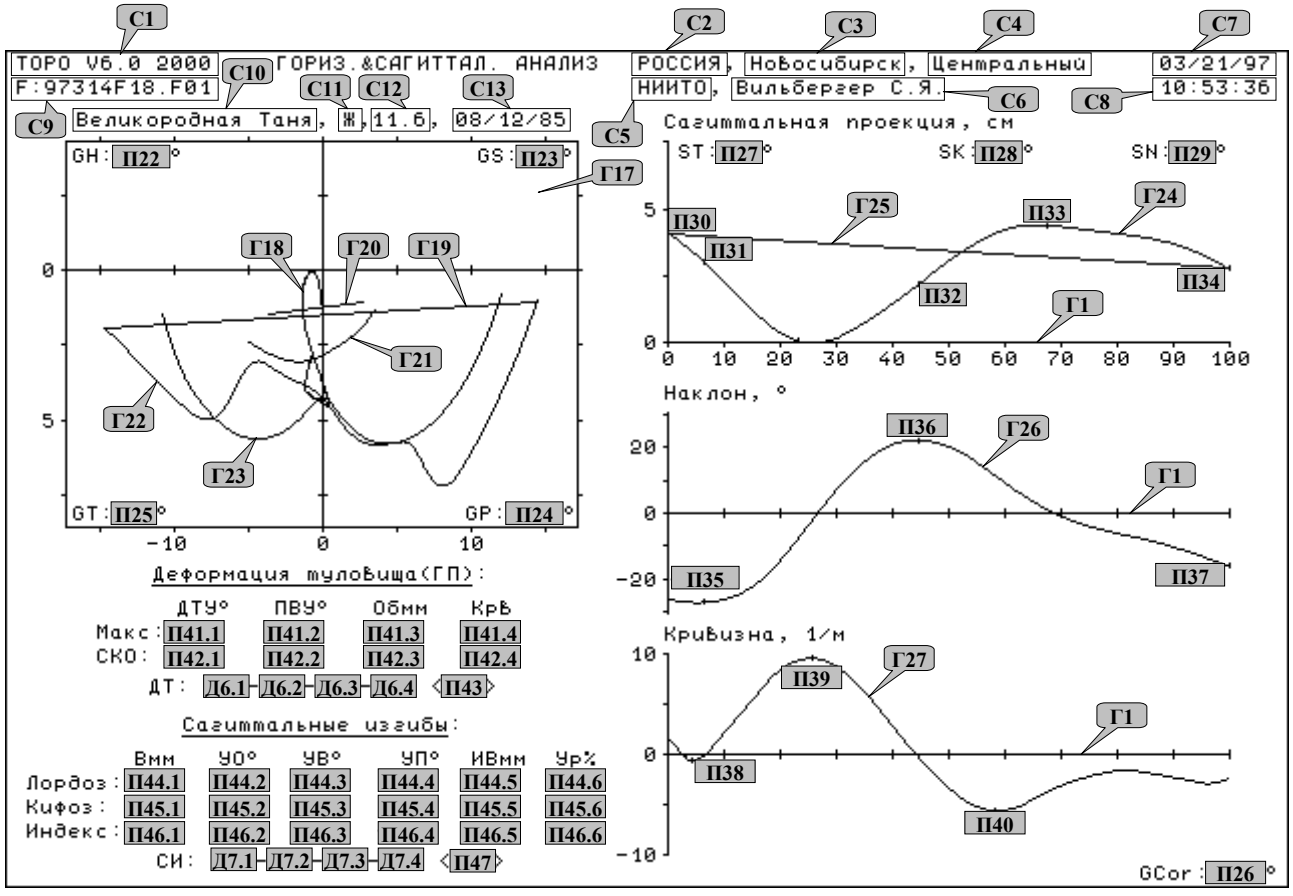


Рис. 6. Обозначения основных элементов выходных форм пакета "TOPO V6.0 2000"

Таблица 1. Символьные поля, графические элементы и дескрипторы нарушения осанки выходных форм пакета "TOPO V6.0 2000"

Обозначение	Описание
С 1	Версия интерактивного пакета "TOPO" системы ТОДП .
С 2, С 3, С 4	Страна, город (область), район проведения обследования.
С 5	Организация, проводившая обследование.
С 6	Фамилия оператора , проводившего обследование.
С 7	Дата проведения обследования (месяц/день/год).
С 8	Время обследования (час/мин/сек) .
С 9	Имя файла результата обследования в базе данных .
С 10	Фамилия и имя пациента.
С 11	Пол пациента (муж./жен.).
С 12	Возраст пациента (в годах).
С 13	Дата рождения пациента (месяц/день/год).
С 14	Дистанция съемки пациента, мм.
С 15	Шаг полос линий топограммы (перепад высоты между темной и светлой линиями).
С 16	Примечание вводимое оператором.
Г1	Шкала относительной высоты туловища по вертикали в %.
Г2	Внешний контур фронтальной проекции туловища.
Г3	Фронт. проекция линии остистых отростков**.**
Г4	Фронт. проекция отрезка между межягодичной складкой и **С7**.
Г5	Фронт. проекция отрезка между вершинами подмышечных складок.
Г6	Фронт. проекция отрезка между вершинами углов лопаток.
Г7, Г8	Фронт. проекция отрезков, направленных вдоль медиальных краев левой и правой лопаток.
Г9	Фронт. проекция отрезка между вершинами задних подвздошных остей**.**
Г10	Топограмма дорсальной поверхности.
Г11, Г12	Линии наиболее выступающих точек левой и правой половин дорсальной поверхности.
Г13	График двойного тангенсального угла поворота поверхности в **ГП**.
Г14	График паравертебрального угла поворота поверхности в **ГП**.
Г15	График объемной асимметрии поверхности в **ГП**.
Г16	График асимметрии кривизны поверхности в **ГП**.
Г17	Горизонтальная проекция дорсальной поверхности туловища.
Г18	Горизонтальная проекция линии остистых отростков**.**
Г19	Горизонт. проекция отрезка между вершинами подмышечных складок.
Г20	Горизонт. проекция отрезка между вершинами задних подвздошных остей**.**
Г21	Горизонтальное сечение поверхности на уровне **С7.**
Г22	Горизонт. проекция сечения поверхности на уровне подмышечных складок.
Г23	Горизонтальное сечение поверхности на уровне вершины межягодичной складки**.**
Г24	Сагиттальная проекция линии остистых отростков**.**
Г25	Сагиттальная проекция отрезка между вершиной межягодичной складки и **С7.**
Г26	График наклона сагит. проекции линии остистых отростков относительно вертикали.
Г27	График кривизны сагиттальной проекции линии остистых отростков (Г 24).
Д 1	Дескриптор нарушения ориентации туловища во фронтальной плоскости.
Д 2	Дескриптор нарушения ориентации туловища в горизонтальной плоскости.
Д 3	Дескриптор нарушения ориентации туловища в сагиттальной плоскости.
Д 4	Дескриптор отклонения от нормы средних значений положения и ориентации лопаток.
Д 5	Дескриптор отклонения от нормы асимметрии положения и ориентации лопаток.
Д 6	Дескриптор деформации туловища в горизонтальной плоскости (ротационной).
Д 7	Дескриптор деформации туловища в сагиттальной плоскости (сагиттальные изгибы).
Д 8	Дескриптор общего нарушения осанки по трем плоскостям.

Таблица 2. Количественные топографические параметры выходных форм

Номер в выходных формах	Обозна-чение	Описание
П1	FH	Угол наклона во **ФП** плечевого пояса относительно горизонтали.
П2	FS	Угол наклона во **ФП** нижних углов лопаток относительно горизонтали.
П3	FP	Угол перекоса во **ФП** таза относительно горизонтали.
П4	FT	Угол наклона во **ФП** туловища относительно вертикали.
П5, П6	MDL (R)	Максимальное отклонение линии остистых отростков влево (вправо).
П7		**Параметры выявленных дуг латерального отклонения позвоночника**.
П7.1	FPL1	Уровень нижней границы дуги на относительной шкале **Г1**.
П7.2	FPL2	Уровень вершины дуги на относительной шкале **Г1**.
П7.3	FPL3	Уровень верхней границы дуги на относительной шкале **Г1**.
П7.4	LA	Угол латеральной асимметрии (аналог рентгенологического угла Кобба).
П7.5	RA	Угол ротации в вершине дуги латерального искривления относительно границ дуги.
П7.6	LD	Латеральное отклонение осевой линии позвоночника в вершине дуги.
П7.7	ILD	Индекс дуги латерального отклонения осевой линии позвоночника**.**
П8		**Параметры положения и ориентации левой лопатки**.
П8.1	GSL	Угол разворота левой лопатки в **ГП**.
П8.2	SSL	Угол наклона медиального края левой лопатки в **СП**.
П8.3	H1SL	Высота левой лопатки - Z расстояние угла лопатки в **ГП** от уровня остистых отростков.
П8.4	H2SL	"Крыловидность" левой лопатки - Z расстояние угла лопатки от грудной клетки в **ГП**.
П8.5	DSL	Дистанция -X расстояние угла левой лопатки во **ФП** от медиальной линии туловища.
П9		**Параметры положения и ориентации правой лопатки**.
П9.1	GSR	Угол разворота правой лопатки в **ГП**.
П9.2	SSR	Угол наклона медиального края правой лопатки в **СП**.
П9.3	H1SR	Высота правой лопатки- Z расстояние угла лопатки в **ГП** от уровня остистых отростков.
П9.4	H2SR	"Крыловидность" правой лопатки- Z расстояние угла лопатки от грудной клетки в **ГП**.
П9.5	DSR	Дистанция - X расстояние угла правой лопатки во **ФП** от медиальной линии туловища.
П10		**Индексы асимметрии положения и ориентации лопаток**.
П10.1	IGS	Индекс асимметрии угла разворота лопаток в **ГП**.
П10.2	ISS	Индекс асимметрии угла наклона медиального края лопаток в **СП**.
П10.3	IH1S	Индекс асимметрии высоты лопаток в **ГП** от уровня остистых отростков.
П10.4	IH2S	Индекс асимметрии "крыловидности" лопаток в **ГП**.
П10.5	IDS	Индекс асимметрии дистанции углов лопаток от медиальной линии туловища во **ФП**.
П11	PTI-OF	Интегральный индекс нарушений ориентации туловища во **ФП** .
П12	PTI-OG	Интегральный индекс нарушений ориентации туловища в **ГП**.
П13	PTI-OS	Интегральный индекс нарушений ориентации туловища в **СП**.
П14	PTI-SV	Интегральный индекс отклонений средних величин положения и ориентации лопаток.
П15	PTI-SA	Интегральный индекс отклонений асимметрии положения и ориентации лопаток.
П16	PTI	Общий интегральный индекс нарушений формы дорсальной поверхности туловища.
П17	PTI-F	Интегральный индекс нарушений формы туловища во **ФП**.
П18	PTI-G	Интегральный индекс нарушений формы туловища в **ГП**.
П19	PTI-S	Интегральный индекс нарушений формы туловища в **СП**.
П20	Lng	Длина туловища - 3D расстояние между **С7** и вершиной межягодичной складки.
П21	RWL	Относительная ширина туловища.
П22	GH	Угол поворота в **ГП** плечевого пояса **Г19** относительно оси **X**.
П23	GS	Угол поворота в **ГП** вершин нижних углов лопаток относительно оси **X**.
П24	GP	Угол поворота в **ГП** таза (**Г20**) относительно оси **X**.
П25	GT	Угол скручивания туловища в **ГП** (поворот плечевого пояса относительно таза).
П26	GCor	Угол коррекции поворота туловища относительно вертикальной оси **Y** в **ГП**.

Продолжение таблицы 2.

Номер в выходных формах	Обозначение	Описание
П27	ST	Угол наклона туловища (полусумма **SK** и **SN**) в **СП**.
П28	SN	Угловое положение в **СП** С7 относительно вершины лордоза.
П29	SK	Угловое положение в **СП** точки вершины кифоза относительно межягодичной складки.
П30	ZS1	Высота (по Z координате) сагиттальной проекции линии остистых отростков в вершине межягодичной складки**.**
П31	ZS2	Высота "-" в точке перегиба на границе крестец-лордоз.
П32	ZS3	Высота "-" в точке перегиба на границе лордоз-кифоз.
П33	ZS4	Высота "-" в вершине дуги кифоза .
П34	ZS5	Высота "-" в точке С7**.**
П35	SA1	Угол наклона в **СП** таза относительно вертикальной оси (**Y**).
П36	SA2	Угол наклона в **СП** грудопоясничного отдела позвоночника в точке перегиба на границе лордоз-кифоз.
П37	SA3	Угол наклона в **СП** верхнегрудного отдела позвоночника в точке С7.
П38	MCS1	Максимальное значение кривизны сагиттальной проекции линии остистых отростков в области крестца.
П39	MCS2	Максимальное "-" в области поясничного лордоза.
П40	MCS3	Максимальное "-" в области грудного кифоза.
П41		**Величина полного размаха (максимум - минимум) графиков Г13-Г16**:
П41.1	R1M	графика двойного тангенсального угла поворота поверхности в **ГП (Г13)**.
П41.2	R2M	графика паравертебрального угла поворота поверхности в **ГП (Г14)**.
П41.3	VM	графика объемной асимметрии поверхности в **ГП (Г15)**.
П41.4	CM	графика асимметрии кривизны поверхности в **ГП (Г16)**.
П42		**Величина среднеквадратического отклонения графиков Г13-Г16**:
П42.1	R1S	графика двойного тангенсального угла поворота поверхности в **ГП (Г13)**.
П42.2	R2S	графика паравертебрального угла поворота поверхности в **ГП (Г14)**.
П42.3	VS	графика объемной асимметрии поверхности в **ГП (Г15)**.
П42.4	CS	графика асимметрии кривизны поверхности в **ГП (Г16)**.
П43	PTI-DG	Интегральный индекс ротационной деформации туловища в **ГП**.
П44		**Параметры описания дуги поясничного лордоза.**
П44.1	HL	Высота дуги лордоза.
П44.2	A1L	Описанный угол раскрытия лордоза.
П44.3	A2L	Вписанный угол раскрытия лордоза.
П44.4	A3L	Проективный угол лордоза.
П44.5	HIL	Интегральная нормированная высота дуги лордоза.
П44.6	DAL	Смешение вершины лордоза относительно уровня нормы.
П45		**Параметры описания дуги грудного кифоза.**
П45.1	HK	Высота дуги кифоза.
П45.2	A1K	Описанный угол раскрытия кифоза.
П45.3	A2K	Вписанный угол раскрытия кифоза.
П45.4	A3K	Проективный угол кифоза.
П45.5	HIK	Интегральная нормированная высота дуги кифоза.
П45.6	DAK	Смешение вершины кифоза относительно уровня нормы.
П46		**Индексы сбалансированности дуг поясничного лордоза и грудного кифоза**.
П46.1	IH	Индекс сбалансированности высоты дуг лордоза и кифоза.
П46.2	IA1	Индекс сбалансированности описанного угла раскрытия лордоза и кифоза.
П46.3	IA2	Индекс сбалансированности вписанного угла раскрытия лордоза и кифоза.
П46.4	IA3	Индекс сбалансированности проективных углов лордоза и кифоза.
П46.5	IHI	Индекс сбалансированности интегральной нормированной высоты дуги кифоза.
П46.6	IDLK	Индекс протяженности лордоза и кифоза в сравнение с нормой.
П47	PTI-DS	Интегральный индекс деформации туловища в **СП**.

Таблица 3. Уровни расположения центров тел позвонков

C7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	L1	L2	L3	L4	L5
101.3	97.4	93.6	89.7	85.5	81.1	76.4	71.6	66.4	61.2	56.0	50.7	45.3	39.7	33.6	27.3	20.9	14.4

Индексы сбалансированности дуг лордоза и кифоза рассчитывают по общей формуле индекса асимметрии двух топографических параметров :

$$IP = 10 \cdot \frac{P2 - P1}{|P1| + |P2| + |P^H|}, \qquad (3)$$

где **IP** - индекс асимметрии параметров **P1** и **P2**, **10** - нормировочный коэффициент, $\mathbf{P^H}$ - значение полусуммы нормы параметров **P1** и **P2**, а | | - символ абсолютного значения. При оценке сбалансированности лордоза и кифоза учитывают, что **P1** соответствует сравниваемому параметру лордоза, а **P2 -** параметру кифоза. Знак индекса асимметрии (3) указывает, какой из сравниваемых параметров имеет большее значение (**IP** отрицателен, если **P1 > P2** , и положителен, если **P1** < **P2**), а значение **IP** показывает величину асимметрии между **P1** и **P2**.

Индекс сбалансированности по протяженности дуг лордоза и кифоза - П46.6 описывает отклонение нормы в % относительной длины дуг лордоза и кифоза, причем, если превышает норму протяженность лордоза, то индекс отрицателен, а если длина дуги кифоза больше нормы - индекс положителен.

4.3. Параметры оценки деформации позвоночника в горизонтальной плоскости

Параметры описывают деформацию дорсальной поверхности туловища, обусловленную ротацией позвоночника вокруг своей оси. Для количественной оценки ротационной деформации используют ряд параметров, получаемых по графикам Г13-Г16:

- полный "размах" графиков Г13-Г16 - разность между их максимальным и минимальным значениями (П41.1-П41.4);
- среднеквадратичное отклонение графиков Г13-Г16 (П42.1-П42.4).

Параметры П41 дают минимаксную оценку ротационной деформации, а П42 - усредненную оценку.

4.4. Дескрипторы нарушений формы дорсальной поверхности туловища

Топографическое обследование дает очень большой объем информации о состоянии формы дорсальной поверхности туловища пациентов. Для упрощения интерпретации количественных данных в пакете TOPO V6.0 2000 использованы специально разработанные дескрипторы (Д1-Д8, рис.6). Эти дескрипторы основаны на нормированных топографических параметрах, которые получаются из исходных значений параметров в соответствие с формулой:

$$P^* = \frac{P - P_{cp}}{\sigma_P} \qquad (4)$$

где P^* - нормированное значение топографического параметра P, а $P_{ср}$ - его среднее значение и σ_p **-** его среднеквадратичное отклонение (СКО), полученные по данным массовых обследований детей (более 10 тысяч) в возрасте от 6 до 16 лет.

За порог нормы для параметра P принята величина σ_p, и считается, что параметр лежит в пределах нормы, если | **P***| < 1, а если | **P***|≥ 2, но | **P***| < 2 , то имеет место отклонение от нормы 1 степени, при | **P***| ≥ 2, но | **P***| < 3 - отклонение от нормы 2 степени и т.д. Для выделения граничных с нормой отклонений параметра P дополнительно вводят понятие субнормы. Значение параметра принадлежит "чистой" норме, если | **P***| < 2/3, и принадлежит субнорме, если | **P***| ≥ 2/3, но | **P***| < 1. Если значение **P*** > 0, то имеет место отклонение от нормы в сторону ее превышения и наоборот, при отрицательном **P* -** в сторону уменьшения**.**

Используемые в пакете ТОРО© дескрипторы, представляют значения топографических параметров в терминах: "чистая" норма, субнорма, отклонение от нормы I, II степени и т.д., что позволяет описать нарушения формы дорсальной поверхности обследуемых пациентов в простом и удобном для восприятия и понимания виде даже для мало подготовленного медицинского персонала.

Дескриптор состоит из группы полей отдельных топографических параметров, разделяемых друг от друга символом-разделителем "-". Каждый параметр, описываемый в дескрипторе, кодируется набором символов: в начале располагается один (прописной) или два символа (прописной и строчный), которые задают сам параметр; далее, если отклонение не превышает границу "чистой" нормы, следуют символы "Но" или "Н", а если превышает - символ, задающий сторону отклонения параметра: "Л" - левая сторона, "П" - правая сторона или направление отклонения от нормы: "Б" - больше нормы, "М" - меньше нормы и символ, описывающий степень отклонения: "0" для субнормы, "1" ,"2" и т.д. для отклонений от нормы соответствующей степени. Описание символьных обозначений, используемых в дескрипторах приведено в таблицах 4 и 5.

Пример описания дескрипторов

Более детально опишем дескрипторы на примере выходных форм, приведенных на рис.7.

Дескрипторы нарушения общей ориентации:

1. Ориентация во **ФП** (Д1) **- ПлЛ0-ЛпЛ1-ТзЛ1-ТлН0 :**

ПлЛ0	–	наклон плечевого пояса влево, (П1)	–	субнорма;
ЛпЛ1	–	наклон углов лопаток влево, (П2)	–	отклонение I ст.;
ТзЛ1	–	перекос таза влево, (П3)	–	отклонение I ст.;
ТлНо	–	боковой наклон туловища, (П4)	–	норма.

2. Ориентация в **ГП** (Д2) **- ПлЛ0-ЛпП3-ТзЛ1-ТлП0:**

ПлЛ0	–	поворот плечевого пояса влево, (П22)	–	субнорма;
ЛпП3	–	поворот углов лопаток вправо, (П23)	–	отклонение III ст.;
ТзЛ1	–	поворот таза влево, (П24)	–	отклонение I ст.;
ТлП0	–	скручиание туловища вправо, (П25)	–	субнорма.

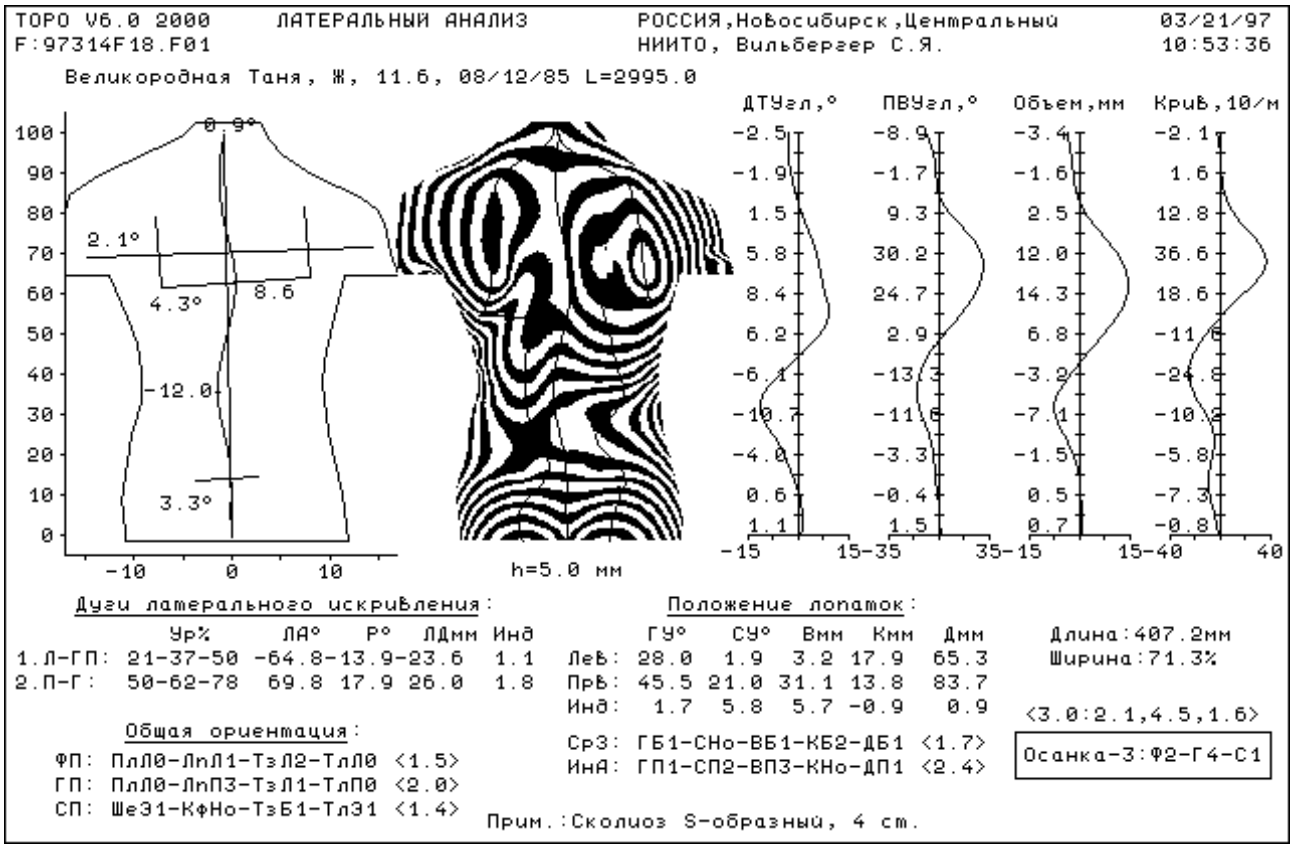
3. Ориентация в **СП** (Д3) **- ШеЭ1-КфНо-ТзБ1-ТлЭ1:**

ШеЭ1	–	отклонение шеи назад (экстенсия),(П29)	–	отклонение I ст.;
КфНо	–	отклонение вершины кифоза, (П28)	–	норма;
ТзБ1	–	наклон таза больше нормы , (П35)	–	отклонение I ст.;
ТлЭ1	–	наклон туловища назад (экстенсия),(П27)	–	отклонение I ст.

Дескрипторы расположения и ориентации лопаток

1. Средние значения параметров лопаток, определяемые как полусумма пар соответствующих нормированных параметров левой и правой лопаток,
(Д4) **- ГБ1-СНо-ВБ1-КБ2-ДБ1:**

ГБ1	–	гориз. угол больше нормы, (П8.1+П9.1)	–	отклонение I ст.;
СНо	–	сагиттальный угол, (П8.2+П9.2)	–	норма;
ВБ1	–	высота больше нормы, (П8.3+П9.3)	–	отклонение I ст.;
КБ2	–	"крыловидность" больше нормы, (П8.4+П9.4)	–	отклонение II ст.;
ДБ1	–	дистанция больше нормы, (П8.5+П9.5)	–	отклонение I ст.



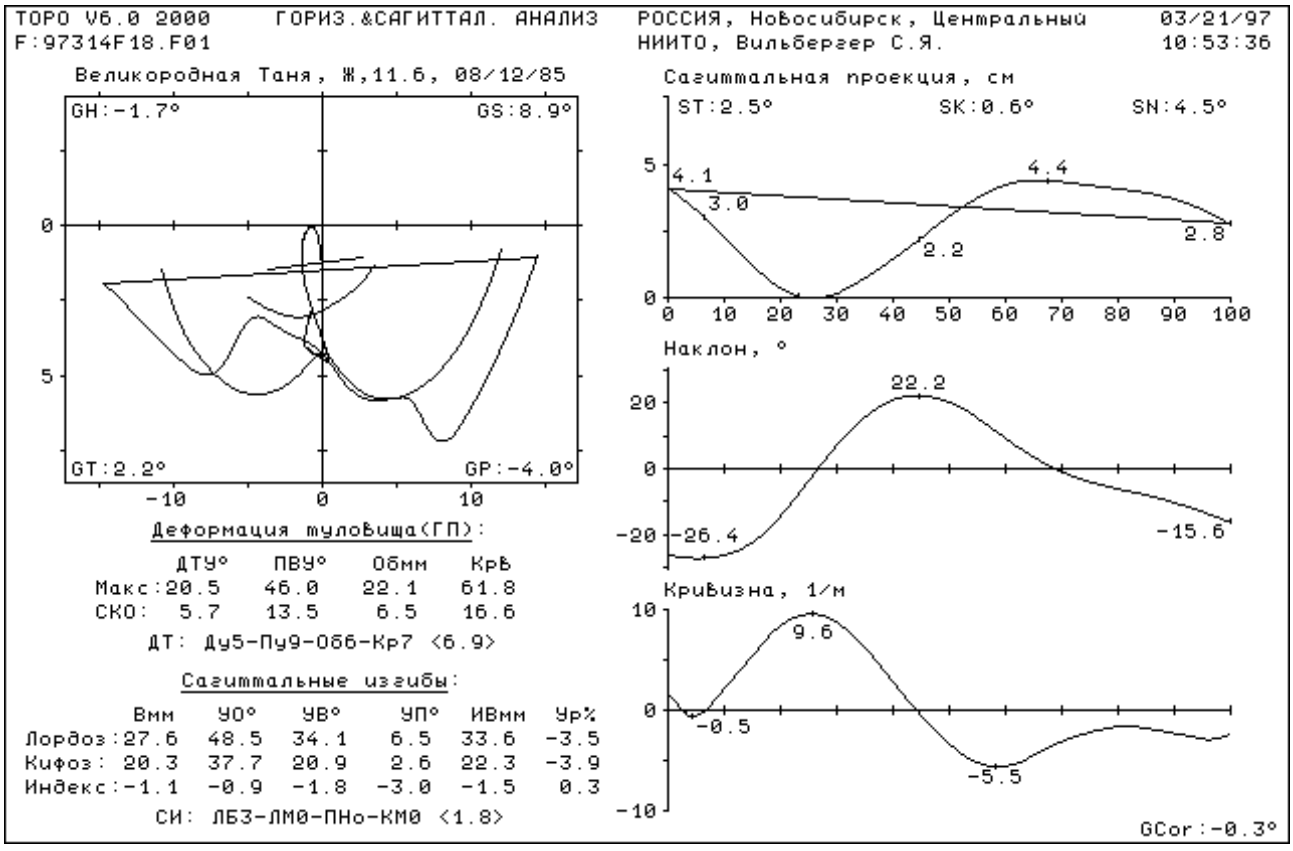


Рис. 7. Результаты топографического обследования больной идиопатическим сколиозом IV степени

Таблица 4. Символьные обозначения параметров в дескрипторах Д1-Д8

Обозна-чение	Дескриптор (поле)	Параметр	Описание
Пл	Д1(1), Д2(1)	П1, П22	Ориентация плечевого пояса во ФП и ГП .
Лп	Д1,(2) Д2(2)	П2, П23	Ориентация нижних углов лопаток во ФП и ГП.
Тз	Д1(3)- Д3(3)	П3,П24,П35	Ориентация таза во ФП, в ГП и СП.
Тл	Д1(4) -Д3(4)	П4,П27,П25	Ориентация туловища: наклон во ФП и СП, скручивание в ГП.
Ше	Д3(1)	П28	Угловое положение шеи в СП.
Кф	Д3(2)	П29	Угловое положение вершины кифоза в СП.
Г	Д4(1), Д5(1)	П8.1 и П9.1	Полусумма углов разворота лопаток в ГП (Д4), индекс асимметрии угла разворота лопаток в ГП (Д5).
С	Д4(2), Д5(2)	П8.2 и П9.2	Полусумма углов наклона лопаток в СП (Д4), индекс асимметрии угла наклона лопаток в СП (Д5).
В	Д4(3), Д5(3)	П8.3 и П9.3	Полусумма высоты лопаток в ГП (Д4), индекс асимметрии высоты лопаток в ГП (Д5).
К	Д4(4), Д5(4)	П8.4 и П9.4	Полусумма высоты "крыловидности" лопаток в ГП (Д4), индекс асимметрии "крыловидности"лопаток в ГП (Д5).
Д	Д4(5), Д5(5)	П8.5 и П9.5	Полусумма "дистанции" лопаток во ФП (Д4), индекс асимметрии "дистанции" лопаток во ФП (Д5).
Ду	Д6(1)	П41.1 и П42.1	Полусумма значений величины полного размаха и СКО графика Г13 ("ДТУгл").
Пу	Д6(2)	П41.2 и П42.2	Полусумма значений величины полного размаха и СКО графика Г14 ("ПВУгл").
Об	Д6(3)	П41.3 и П42.3	Полусумма значений величины полного размаха и СКО графика Г15 ("Объем").
Кр	Д6(4)	П41.4 и П42.4	Полусумма значений величины полного размаха и СКО графика Г16 ("Крив").
ЛК	Д7(1)	П44.5, П45.5 и П46.5	Обозначение осанки со сбалансированным лордозом и кифозом для: нормы, уплощения или усиления изгибов.
Л	Д7(1)	П44.5, П45.5 и П46.5	Обозначение осанки с уплощенным или усиленным лордозом.
К	Д7(1)	П44.5, П45.5 и П46.5	Обозначение осанки с уплощенным или усиленным кифозом.
Л	Д7(2)	П44.6	Положение уровня вершины лордоза.
П	Д7(3)	П46.6	Положение уровня перехода лордоз-кифоз.
К	Д7(4)	П45.6	Положение уровня вершины кифоза.
Ф	Д8(1)	П17	Интегральный индекс PTI-F во ФП.
Г	Д8(2)	П18	Интегральный индекс PTI-G в ГП.
С	Д8(3)	П19	Интегральный индекс PTI-S в СП.

Таблица 5. Символьные обозначения в дескрипторах Д1-Д8 стороны, направления и степени отклонений значения параметров от нормы

Обозна-чение	Дескриптор	Описание
Л	Д1,Д2	Нарушение ориентации в левую сторону.
П	Д1,Д2	Нарушение ориентации в правую сторону.
Л	Д5	Асимметрия (превышение параметра) левой лопатки.
П	Д5	Асимметрия (превышение параметра) правой лопатки.
Э	Д3	Экстенсия (наклон назад).
Ф	Д3	Флексия (наклон вперед).
Б	Д3,Д4,Д7	Параметр больше значения верхней границы "чистой" нормы.
М	Д3,Д4,Д7	Параметр меньше значения нижней границы "чистой" нормы.
Но	Д1-Д7	Значение параметра соответствует "чистой" норме.
Н	Д8	Значение индекса PTI соответствует "чистой" норме.
0	Д1-Д8	Значение параметра соответствует субнорме.
1-9	Д1-Д8	Значение параметра имеет 1-9 степень отклонение от нормы.

2. Асимметрия параметров лопаток (Д5) **- ГП2-СП2-ВП3-КНо-ДП1 :**

ГП2	–	асимметрия гориз. угла справа, (П8.1, П9.1)	–	отклонение II ст.;
СП2	–	асимметрия сагит. угла справа, (П8.2, П9.2)	–	отклонение II ст.;
ВП3	–	асимметрия высоты справа, (П8.3, П9.3)	–	отклонение III ст.;
КНо	–	асимметрия "крыловидности" слева, (П8.4,П9.4)	–	норма;
ДП1	–	асимметрия дистанции справа, (П8.5, П9.5)	–	отклонение I ст..

Дескрипторы деформации туловища

1. Деформация туловища в ГП, определяемая по полусуммам пар нормированных параметров П41 и П42 графиков Г13- Г16, (Д6) - **Ду5-Пу9-Об6-Кр7:**

Ду5	–	параметры графика Г13 - "ДТУгл", (П41.1+П42.1)	–	отклонение V ст.;
Пу9	–	параметры графика Г14 - "ПВУгл", (П41.2+П42.2)	–	отклонение IX ст.;
Об6	–	параметры графика Г15 - "Объем", (П41.3+П42.3)	–	отклонение VI ст.;
Кр7	–	параметры графика Г16 - "Крив", (П41.4+П42.4)	–	отклонение VII ст.;

2. Деформация туловища в СП (Д7) - **ЛБ3-ЛМ0-ПНо-КМ0:**

ЛБ3	–	усиление лордоза, (П44.5, П45.5, П46.5)	–	отклонение III ст.;
ЛМ0	–	уровень апекса лордоза ниже нормы, (П44.6)	–	субнорма;
ПНо	–	уровень перехода лордоз-кифоз, (П46.6)	–	норма;
КМ0	–	уровень апекса кифоза ниже нормы, (П45.6)	–	субнорма.

В таблице 6 приведены обозначения различных вариантов деформации туловища в СП, используемые в первом поле дескриптора Д7.

Таблица 6. Обозначения вариантов деформации физиологических изгибов в СП (дескриптор Д7.1)

Обозначение	Описание
ЛКНо	Сбалансированные лордоз и кифоз в норме.
ЛКМ(0-3)	Одновременное уплощение лордоза и кифоза (уплощенная или плоская спина).
ЛКБ(0-3)	Одновременное усиление лордоза и кифоза (кругло-вогнутая спина).
ЛМ(0-2)	Уплощение лордоза при нормальном кифозе.
ЛБ(0-5)	Усиление лордоза при уплощенном или нормальном кифозе (плоско-вогнутая или лордозированная спина, гиперолордоз).
КМ(0-2)	Уплощение кифоза при нормальном лордозе.
КБ(0-5)	Усиление кифоза при уплощенном или нормальном лордозе (круглая или сутулая спина).
Ноп	Не отнесенный к определенному варианту осанки

4.5. Интегральные индексы нарушения формы дорсальной поверхности туловища

Для получения общей оценки нарушения формы дорсальной поверхности в пакете TOPO V6.0 2000 использована иерархическая система интегральных индексов, описывающих отклонения формы дорсальной поверхности от нормы как по отдельным плоскостям, так и суммарно по трем плоскостям. Эта система включает три уровня.

Нижний уровень состоит из интегральных индексов дескрипторов Д1-Д7. Эти индексы рассчитывают по входящим в дескриптор нормированным топографическим параметрам P^*. Для вычисления индексов дескрипторов Д1-Д6 используют квадратичное не взвешенное усреднение нормированных параметров по следующей формуле:

$$ID_к = \sqrt{\frac{\sum_n (P_n^*)^2}{N}}, \quad (5)$$

где $ID_к$ - интегральный индекс для к-го дескриптора, P^*_n - нормированные параметры, входящие в дескриптор, N - число этих параметров. Интегральный индекс дескриптора Д7, описывающий деформацию туловища в СП рассчитывают по формуле:

$$ID_7 = \sqrt{0.27 \cdot ((P^*_{44.5})^2 + (P^*_{45.5})^2 + (P^*_{45.5})^2) + 0.15 \cdot ((P^*_{44.6})^2 + (P^*_{45.6})^2 + (P^*_{46.6})^2)}, \quad (6)$$

где $P^*_{44.5}$ обозначает нормированный параметр П44.5 и т.д. Приведенная выше эмпирическая формула (6) позволяет при оценке сагиттальных деформаций в большей степени учесть отклонения от нормы высоты дуг лордоза, кифоза и индекса их сбалансированности, а в меньшей степени - отклонение от нормы положения вершин дуг и соотношения их протяженности.

Интегральные индексы нижнего уровня включают:

- Индексы нарушений общей ориентации туловища:
  PTI-OF (Д1), PTI-OS (Д2), PTI-OG (Д3).
- Индексы нарушений положения и ориентации лопаток:
  PTI-SV (Д4) и **PTI-SA (Д5).**
- Индексы деформации туловища:
  PTI-DG (Д6), PTI-DS (Д7).

Интегральные индексы нарушения формы дорсальной поверхности по плоскостям, соответствующие среднему уровню иерархии, рассчитывают на основе взвешенного суммирования соответствующих индексов нижнего уровня с эмпирически подобранными коэффициентами.

1. Индекс нарушений формы туловища во ФП, (П17) :

$$PTI\text{-}F = 0.666 \cdot PTI\text{-}OF + 0.333 \cdot PTI\text{-}SA. \quad (7)$$

2. Индекс нарушений формы туловища в ГП, (П18) :

$$PTI\text{-}G = 0.5 \cdot PTI\text{-}OG + 0.5 \cdot PTI\text{-}DG. \quad (8)$$

3. Индекс нарушений формы туловища в СП, (П19) :

$$PTI\text{-}S = 0.259 \cdot PTI\text{-}OS + 0.185 \cdot PTI\text{-}SV + 0.556 \cdot PTI\text{-}SG. \quad (9)$$

Общий интегральный индекс нарушения формы дорсальной поверхности, соответствующий верхнему уровню иерархии, рассчитывают как среднеквадратичное интегральных индексов для трех плоскостей:

$$PTI = \sqrt{\frac{(PTI_F)^2 + (PTI_G)^2 + (PTI_S)^2}{3}}, \quad (10)$$

На основе интегральных индексов PTI, PTI-F, PTI-G и PTI_S строят Д8 - общий дескриптор нарушения формы дорсальной поверхности, обозначенный на выходной форме, как "ОСАНКА". Иерархическая система интегральных индексов и дескрипторы позволяют быстро ориентироваться в результатах топографического обследования: определять общую степень нарушения формы дорсальной поверхности туловища пациента и выявлять основные факторы этого нарушения. В то же время на выходных формах выводятся количественные значения всех топографических параметров, что обеспечивает возможность их углубленного и детального анализа.