

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОПОГРАФИЯ. РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ДОСТОВЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА УГЛОМ ЛАТЕРАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ СИСТЕМЫ ТОДП**

Сарнадский В.Н

ООО «МЕТОС», г. Новосибирск

Генеральный директор - В.Н. Сарнадский

Идиопатический сколиоз до сих пор остается наиболее тяжелой и нерешенной проблемой детской ортопедии [1]. Основная опасность сколиоза обусловлена тем, что на начальных стадиях это заболевание протекает безболезненно и незаметно для детей и их родителей. Несвоевременное начало лечения сколиоза значительно снижает эффективность консервативного лечения и часто приводит к необходимости существенно более дорогостоящей, тяжелой и травматичной для больных хирургической коррекции сколиоза. При отсутствии лечения могут формироваться грубые деформации позвоночника и туловища, приводящие к инвалидности, снижающие качество жизни и сокращающие ее продолжительность в среднем до 45 лет.

Ключевым вопросом в решении проблемы профилактики тяжелых форм сколиоза является его диагностика на ранних стадиях. В США в середине 60-х годов прошлого века для этой цели был инициирован школьный скрининг сколиоза с использованием клинического осмотра и теста Адамса. Идея скрининга сколиоза стала еще более популярной во многих зарубежных странах после работы Takasaki H. [3], показавшего возможность применения муаровой топографии для обследования живых людей. Adair I.V. первым опубликовал статью [4] об использовании муаровой топографии для скрининга. Наибольшее применение муаровый скрининг получил в Японии, где по данным Ohtsuka Y. [5] было обследовано более миллиона школьников. При этом использовалась трехэтапная схема: на первом этапе муаровое обследование всех, на втором этапе обследование с помощью малодозовой рентгенографии и на заключительном этапе - стандартное рентгенологическое обследование. В 1984 году Bunnell W.P. предложил с целью объективизации скрининга в позе Адамса использовать для оценки угла ротации туловища простое приспособление - сколиометр [5]. В настоящее время при проведении скрининга сколиоза за рубежом в основном используются именно эти две технологии: муар и сколиометр [7]. Однако обе эти технологии имеют общий

недостаток - они оценивают только ротационный компонент сколиотической деформации, который хотя и коррелирует с боковым искривлением позвоночника, но не так сильно, чтобы можно было точно оценить величину искривления. Метод муара по сравнению со сколиометром обладает большей чувствительностью по выявлению сколиоза. Так Adair I.V. [4] установил, что муаровый метод выявляет сколиоз, подтвержденный рентгенологически, в 94% случаев, что существенно больше, чем тест Адамса - 46%. Laulung T. [8] получил почти 100% диагностическую чувствительность муарового метода - 99,7%, однако отмечая при этом большой процент ложно-положительных результатов - 50,6%. Тест Адамса по его же данным обеспечил для сколиозов 10° и более чувствительность только 46,3%. По данным Neugebauer H. [9] чувствительность муарового метода составила 94,7% при 48,7% ложно-положительных результатах. Большой процент ложно-положительных результатов вызывает вопросы по эффективности скрининга и его целесообразности, так как ложно выявленные пациенты наряду с больными направляются к специалистам, которые для постановки диагноза вынуждены назначать рентгенологическое обследование и оценивать боковое искривление позвоночника углом Cobb. Это с одной стороны перегружает работу медицинских служб, а с другой стороны дает дополнительную лучевую нагрузку на детское население, что не безопасно для его здоровья. И альтернативы этому, по общему мнению зарубежных специалистов, на сегодняшний момент нет, так как они считают, что кроме рентгена любые другие методы оценки сколиоза, в том числе и с помощью современных компьютерных топографических систем [11-18], не могут рассматриваться как диагностические [7]. Это мнение, на наш взгляд, связано с тем, что исследования возможностей оценки угла Cobb по рельефу дорсальной поверхности туловища методами топографии, которые проводили зарубежные специалисты, дали неудовлетворительные результаты по точности такой оценки.

Stokes A.F. в 1989 году исследовал на 104 больных сколиозом (86Ж, 16М, возраст от 9 до 39 лет, средний угол Cobb 25°, максимальный - 61°) возможность определения угла Cobb по данным муаровой топографии и метода растр-стереофотографии [10]. Stokes A.F. получил, что расхождение между оценкой и углом Cobb оказалось в пределах  $\pm 5^\circ$  (ошибка при расчерчивании угла Cobb) только в 24% случаев для муара и в 27% для метода растр-стереофотографии. При этом Stokes A.F. для оценки угла Cobb методом линейной регрессии для муара использовал угол, расчерчиваемый по касательным к полосам муаровой топограммы, а для метода растр-стереофотографии - угол ротации поверхности туловища.

Так как оба подхода строились на определении угла Cobb по ротационному компоненту сколиотической деформации, то это, по нашему мнению, и стало причиной низкой точности.

Наиболее совершенный и элегантный способ оценки угла сколиоза по данным поверхностной топографии в 1988 году предложил Turner-Smith A.R. с соавторами [19], реализованный в первой автоматизированной топографической системе ISIS [11]. В этом способе выполнялось построение математической 3D модели осевой линии позвоночника и расчерчивание фронтальной проекции этой линии для получения топографического аналога угла Cobb, который был назван углом латеральной асимметрии (LA). Основой для построения модели служила линия остистых отростков, положение которой определялось путем пальпации вершин отростков и наклейки на кожу над ними бумажных маркеров. При сканировании поверхности туловища по маркерам определялось положение линии остистых отростков на восстановленной поверхности, и рассчитывался поворот в горизонтальной плоскости паравертебральной области вдоль линии остистых отростков позвоночника. По этим данным с использованием среднестатистической глубины залегания центров тел позвоночника от поверхности P путем простого геометрического преобразования поворота строилась модель оси позвоночного столба, как показано на рис.1.

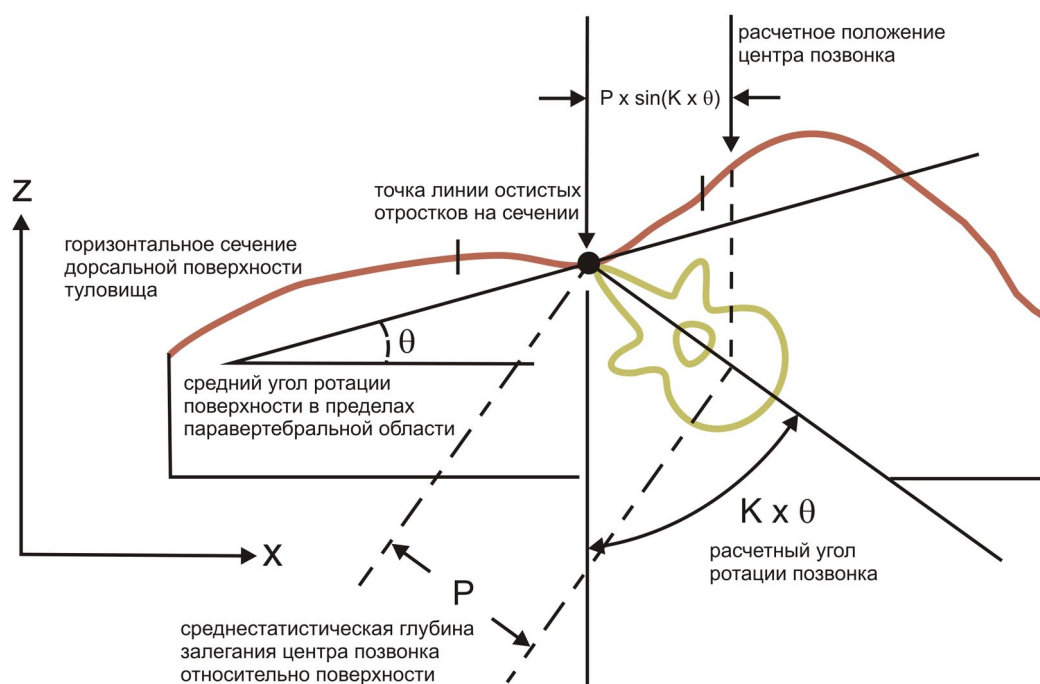


Рис.1. Схема расчета положения центра позвонка по способу, предложенному Turner-Smith A.R. Угол  $\theta$  описывает поворот поверхности и рассчитывается путем линейной аппроксимации ее паравертебрального участка (ограниченного на рисунке вертикальными рисками). Параметр  $K$  задает соотношение между поворотом поверхности и ротацией позвонка

Эта модель имела понятный физический смысл и хорошо сопоставлялась с данными рентгена. По результатам обследования на системе ISIS 52 больных сколиозом в работе получена корреляция по Пирсону равная 0,82 для углов LA и Cobb, что показало существенное преимущество угла латеральной асимметрии по сравнению с другими оценками угла Cobb по данным поверхностной топографии. Поэтому предложенный Turner-Smith способ оказался весьма продуктивным и используется с теми или иными модификациями в современных топографических системах [12-18] и в том числе с 2000г. в Российской системе ТОДП [20].

Dreger В. и Hierholzer E. для наиболее известной зарубежной топографической системы Formetric в 1994 году предложили отказаться от маркировки линии остистых отростков, а вместо этого автоматически выделять линию симметрии дорсальной поверхности туловища [14]. Эта линия на каждом горизонтальном сечении разделяет его левую и правую половину по критерию минимальной между ними латеральной асимметрии (кривизны поверхности). Обоснованием для использования такого подхода вместо маркировки остистых отростков путем пальпации послужило исследование на 25 пациентах (Cobb 12-52°), по результатам которого было получено среднеквадратическое отклонение между линией симметрии и линией, построенной по маркерам, равное 4,9 мм, что по мнению авторов соответствует ошибке пальпации. Однако такой подход, на наш взгляд, хорошо работает только для здоровых пациентов или начальных стадий сколиоза, но ошибочен для сколиозов средней и большой тяжести, так как не понятно чему соответствует линия симметрии для больных, у которых туловище сильно деформировано. Авторы провели исследование по сопоставимости топографического угла и угла Cobb по результатам 478 обследований на системе Formetric и 478 рентгенограмм 113 пациентов (максимальный угол Cobb 52°) и получили по их собственному признанию недостаточную точность. Среднеквадратичное отклонение разности угла Cobb и топографического угла сколиоза составило 7,9°, а амплитуды бокового искривления оси позвоночника - 4,0 мм. По результатам исследования авторы сделали вывод, что полученная ими оценка угла Cobb по топографическим данным Formetric даже для

умеренных сколиозов оказалась неудовлетворительной, и поэтому не может стать реальной альтернативой рентгенологическим данным.

В 2012 году американские специалисты Frerich J.M. и др. [21] провели исследование сопоставимости данных рентгена и топографии на современной версии системы Formetric 4D, производимой фирмой Diers Medical system. Было обследовано (по стандартной процедуре системы Formetric с определением линии симметрии) 64 больных сколиозом с углом Cobb от 10 до 50° в возрасте от 9 до 17 лет. Проведенное исследование показало, что среднее значение разности между рентгенологическим углом и топографическим для грудных дуг составило 7,0°, а для поясничных - 9,4° (т.е. топографическая оценка оказалась существенно заниженной). Диапазон разности (без учета знака) для грудных дуг составил от 0 до 19°, а для поясничных - от 0 до 22°. При этом корреляция по Пирсону оказалась неплохой и для грудных дуг составила 0,872, а для поясничных - 0,758. Обсуждая полученные ими результаты, авторы пишут в статье, что хотя Formetric и не обеспечивает точное предсказание угла Cobb, но это и необязательно, чтобы было совпадение данных топографии и рентгена, так как основная цель топографии - выявлять возможные изменения в состоянии пациентов, и поэтому Formetric вполне пригодна для задач мониторинга. На наш взгляд основной причиной отсутствия прогресса за последние 18 лет в улучшении точности оценки угла Cobb по данным Formetric является методологическая ошибка, состоящая в использовании линии симметрии, так как для больных сколиозом эта линия не соответствует положению линии остистых отростков.

Наш 20 летний опыт применения системы ТОДП для задач скрининга сколиоза [22-23] показывает, что топография может служить альтернативой рентгену и обеспечивать достоверную диагностику сколиоза. Для системы ТОДП был разработан алгоритм расчета угла латеральной асимметрии LA по модифицированному способу Turner-Smith A.R. Для построения графика ротации позвоночника нами была использована взвешенная сумма трех графиков ПвУгл, Объем и Крив, описывающих с помощью разных алгоритмов паравертебральную асимметрию, обусловленную ротацией позвоночника. Для структуральных сколиозов все три графика совпадают по форме с формой бокового искривления позвоночника. Суммирование графиков позволяет получить интегральную и более надежную оценку ротации позвоночника. Веса графиков и параметр К (рис.1) были оптимизированы для получения при нулевом среднем значении разности углов Cobb и LA минимального среднеквадратического отклонения (СКО) этой разности для сколиозов до 50°.

Достоверность диагностики идиопатического сколиоза по углу LA системы ТОДП подтверждена в работе Балдовой. Н., которая на группе из 94 больных идиопатическим сколиозом I-IV степени (65Ж, 29М; средний возраст  $12,4 \pm 2,3$  лет; I степень - 19 чел., II - 46 чел., III - 23 чел. и IV - 6 чел.) установила, что в 92% случаев топографический диагноз по степени сколиоза совпал с рентгенологическим. Врач-ортопед детской городской поликлиники №110 Москвы Багриновская И.Л. для своих пациентов провела исследование сопоставимости углов сколиотической деформации позвоночника по данным рентгена и системы ТОДП. На группе из 50 больных идиопатическим сколиозом (24Ж, 26М; средний возраст  $12,98 \pm 3,51$  лет; I степень - 32 чел., II - 17 чел., III - 1 чел.; средний угол Cobb основной дуги -  $9,90 \pm 5,74^\circ$ , диапазон от  $2,5$  до  $33,3^\circ$ ) она получила, что среднее значение разности между углами Cobb и LA составило  $-0,09^\circ$ , СКО этой разности -  $1,01^\circ$ , диапазон разности от  $-2,45^\circ$  до  $+2,19^\circ$ , а корреляция по Пирсону - 0,985. Приведенные данные свидетельствуют о высокой степени сопоставимости углов Cobb и LA системы ТОДП для идиопатических сколиозов до  $50^\circ$ . Однако, исследование, выполненное автором в рамках подготовки монографии под редакцией Михайловского М.В. [26], выявило, что для сколиозов более  $70^\circ$  угол LA дает заниженную оценку и расхождение с углом Cobb особенно сильно возрастает после  $90^\circ$ .

Цель работы - повышение точности оценки угла Cobb углом латеральной асимметрии системы ТОДП и расширение диапазона достоверной диагностики идиопатического сколиоза.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

В работе использованы предоперационные топографические и рентгенологические данные больных идиопатическим сколиозом, получавших хирургическое лечение в Новосибирском НИИТО. Все выбранные для исследования пациенты были с одинаковым типом сколиоза по локализации дуг и имели правостороннюю основную дугу и левостороннее противоискривление в грудопоясничном или поясничном отделах, а часть из пациентов имела также левостороннее противоискривление в верхнегрудном отделе. Ранее нами было установлено, что топографическая картина нарушений дорсальной поверхности существенным образом зависит от типа сколиоза [26]. Поэтому такой выбор клинического материала для исследования, помимо решения задачи по улучшению алгоритма расчета LA для сколиозов более  $50^\circ$ , дополнительно был обусловлен желанием провести анализ корреляции угла Cobb с основными топографическими параметрами

системы ТОДП для сколиозов одного типа по локализации. Для исследования были выбраны 217 больных (210 Ж, 7 М; средний возраст Ж -  $14,87 \pm 1,88$  лет, средний возраст М -  $17,02 \pm 1,46$  лет; III степень - 46 чел., средний угол Cobb основной дуги -  $43,0 \pm 4,76^\circ$ , диапазон от  $32$  до  $49^\circ$ ; IV степень - 159 чел., средний угол Cobb основной дуги -  $65,8 \pm 8,89^\circ$ , диапазон от  $50$  до  $89^\circ$ ; IV степень в запущенной форме - 12 чел., средний угол Cobb основной дуги -  $99,1 \pm 10,58^\circ$ , диапазон от  $90$  до  $126^\circ$ ). По степени сколиоза в соответствии с углом Cobb пациенты были разделены на три группы анализа, обозначенные в статье как СС3, СС4 и СС4зф.

Рентгенологическое обследование всех пациентов проводилось в НИИТО в положении стоя по стандартной методике. Расчерчивание рентгенограмм выполнено специалистами НИИТО, данные по углу Cobb, а также рентгенограммы, приведенные в статье, предоставлены автору Михайловским М.В. Топографическое обследование пациентов было выполнено на системе ТОДП 1-го поколения. Все топографические снимки пациентов были переобработаны автором на современной версии WТОРО 4.0 с ручным расчерчиванием (выделением) линии остистых отростков по авторской методике. Выделение линии остистых отростков осуществлялось по 3D модели поверхности, раскрашенной в соответствии с ее суммарной кривизной (сумма вертикальной и горизонтальной кривизны, рис.2). Эта методика основана на использовании всей имеющейся на 3D модели поверхности информации о положении линии остистых отростков (выступающие остистые отростки, борозда спины, граница вогнутости и выпуклости в области вершин сколиотических дуг) и выработана благодаря многолетнему опыту обработки пациентов, для которых была возможность сравнения результатов обработки с данными рентгена. Согласно методике на линии остистых отростков, помимо точек С7 (остистый отросток седьмого шейного позвонка) и С5 (вершина межъягодичной складки), расставляются следующие точки: на уровне вершин имеющихся у пациента дуг, точки на границе этих дуг, на границе крестца и позвоночника и, в случае необходимости, дополнительные точки.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Как это и предполагалось, существовавший до начала исследования алгоритм расчета угла латеральной асимметрии системы ТОДП (назовем его в дальнейшем изложении старым алгоритмом, а угол латеральной асимметрии, рассчитанный по нему, обозначим LA\*) показал неплохое совпадение с углом Cobb для группы СС3 (среднее

значение разности Cobb-LA\* составило  $-0,7^\circ$ , СКО -  $4,08^\circ$ , диапазон от  $-6,6$  до  $+17,6^\circ$ ), для группы СС4 совпадение оказалось хуже (среднее значение разности составило  $5,71^\circ$ , СКО -  $4,9^\circ$ , диапазон от  $-4,5$  до  $+20,4^\circ$ ). Для группы СС4зф величина LA\* оказалась существенно заниженной (среднее значение разности составило  $+19,5^\circ$ , СКО -  $6,07^\circ$ , диапазон от  $+13,3$  до  $+36,5^\circ$ ). Следует обратить внимание, что даже для группы СС4зф (сколиоз  $90^\circ$  и более) СКО разности Cobb-LA\* оказалось меньше, чем у системы Formetric ( $7,9^\circ$  для сколиозов менее  $52^\circ$ ).

Проведенный анализ разности Cobb-LA\* показал, что для запущенных сколиозов требуется нелинейный алгоритм расчета LA, и что существует линейная зависимость этой разности от соотношения поперечных и продольных размеров туловища. В версии WTOPO 4.0 по этому соотношению определяется соматотип пациента (три градации астеника - A0, A1, A2, нормостеник - H, три градации гиперстеника - Г0, Г1, Г2). У астеников LA\* оказался завышенным, а у гиперстеников - заниженным. С учетом выявленных факторов был разработан новый алгоритм расчета LA, который позволил улучшить его соответствие с углом Cobb для всех трех групп. Для группы СС3 среднее значение разности Cobb-LA составило  $-0,66^\circ$ , СКО -  $3,20^\circ$ , диапазон от  $-5,7$  до  $+8,2^\circ$ ; для группы СС4 среднее значение разности составило  $+0,89^\circ$ , СКО -  $4,16^\circ$ , диапазон от  $-8,9$  до  $+16,04^\circ$ ; для группы СС4зф среднее значение разности составило  $+3,2^\circ$ , СКО -  $4,05^\circ$ , диапазон от  $-2,9$  до  $+13,9^\circ$ . Таким образом новый алгоритм устранил смещение LA для СС4 (с  $+5,71^\circ$  до  $+0,89^\circ$ ), значительно уменьшил смещение для СС4зф (с  $+19,5^\circ$  до  $+3,2^\circ$ ), При этом СКО разности Cobb и LA уменьшилось: для СС3 в 1,3 раза, для СС4 в 1,2 раза и для СС4зф в 1,5 раза.

Результаты обработки анализируемых пациентов, упорядоченной в порядке возрастания угла Cobb приведены в Таблице 1. Из-за большого количества пациентов они представлены частями по 10 человек, при этом после каждой десятки в таблице приводятся значения матожидания и СКО анализируемых параметров. В таблице слева направо приведены: П1-П217 - порядковый номер пациента; С - угол Cobb; LA\* - угол латеральной асимметрии, рассчитанный по старому алгоритму; С-LA\* - разность углов; LA - угол латеральной асимметрии, рассчитанный по новому алгоритму; С-LA - разность углов; РТ1, РТ1-F, РТ1-G, РТ1-S - интегральные индексы состояния дорсальной поверхности (общий и по отдельным плоскостям - фронтальной, горизонтальной и сагиттальной); MDR - максимальное отклонение линии остистых отростков вправо для основной дуги; ISA - индекс сколиотической асимметрии лопаток (знак + указывает асимметрию справа, которая выявлена у всех без исключения пациентов); PVA-T -



паравертебральная асимметрия в грудном отделе на уровне нижних углов лопаток (знак + указывает на реберный горб справа, который также выявлен у всех без исключения пациентов). В конце таблицы приводится статистика для анализируемых групп ССЗ, СС4, СС4зф и для всех пациентов в целом. В дополнению матожиданию и СКО приведены Макс - максимальное значение и Мин - минимальное значение анализируемых параметров.

Таблица 1. Сравнение угла Cobb для основной сколиотической дуги с углами латеральной асимметрии LA\* и LA и топографическими параметрами системы ТОДП

Пациент	С,°	LA*,°	C-LA*,°	LA,°	C-LA,°	PTI	PTI-F	PTI-G	PTI-S	MDR, мм	ISA	PVA-T, мм
П1	32	33,3	-1,3	33,6	-1,6	2,19	2,71	2,36	1,20	16,50	1,90	21,29
П2	32	33,7	-1,7	31,3	0,7	2,56	3,46	1,87	2,06	22,71	2,08	13,04
П3	33	31,4	1,6	35,6	-2,6	2,11	2,73	1,64	1,79	19,50	1,51	7,54
П4	35	34,2	0,8	35,5	-0,5	2,02	2,64	1,91	1,24	16,13	1,32	10,72
П5	37	41,0	-4,0	41,2	-4,2	2,23	2,91	2,30	1,09	24,26	2,23	23,15
П6	37	42,3	-5,3	37,9	-0,9	1,81	2,45	1,61	1,10	25,41	1,00	3,83
П7	38	41,4	-3,4	39,5	-1,5	2,44	3,04	2,40	1,68	26,61	1,97	22,23
П8	38	40,4	-2,4	40,0	-2,0	2,07	2,59	1,96	1,51	28,16	1,25	15,60
П9	38	39,2	-1,2	36,1	1,9	2,24	2,54	2,50	1,56	20,49	1,80	24,79
П10	38	39,7	-1,7	40,8	-2,8	2,01	2,63	2,06	0,96	24,64	1,45	17,43
<b>Мат</b>	<b>35,8</b>	<b>37,43</b>	<b>-1,86</b>	<b>37,16</b>	<b>-1,36</b>	<b>2,17</b>	<b>2,77</b>	<b>2,06</b>	<b>1,42</b>	<b>22,44</b>	<b>1,65</b>	<b>15,96</b>
<b>СКО</b>	<b>2,6</b>	<b>4,19</b>	<b>2,05</b>	<b>3,28</b>	<b>1,76</b>	<b>0,22</b>	<b>0,30</b>	<b>0,32</b>	<b>0,36</b>	<b>4,15</b>	<b>0,40</b>	<b>7,10</b>
П37	48	30,4	17,6	40,5	7,5	1,60	2,00	1,47	1,25	14,14	1,15	14,50
П38	48	47,8	0,2	47,8	0,2	2,27	2,20	2,81	1,65	23,87	0,80	7,66
П39	48	47,1	0,9	46,5	1,5	2,59	3,48	2,33	1,62	33,21	2,10	20,90
П40	48	50,6	-2,6	50,5	-2,5	2,30	3,15	2,28	0,85	28,17	1,65	25,69
П41	48	51,1	-3,1	52,5	-4,5	2,31	2,87	2,43	1,37	18,60	1,07	13,52
П42	48	46,3	1,7	47,3	0,7	2,84	3,21	3,10	2,05	28,05	1,94	16,62
П43	49	53,8	-4,8	51,9	-2,9	2,71	3,55	2,91	1,00	34,75	2,06	27,51
П44	49	48,2	0,8	45,6	3,4	2,04	2,17	2,60	1,03	21,89	1,27	17,47
П45	49	49,3	-0,3	51,5	-2,5	2,49	3,50	2,38	0,81	34,11	1,46	17,71
П46	49	46,3	2,7	54,3	-5,3	1,88	2,56	1,89	0,70	24,28	1,28	22,83
<b>Мат</b>	<b>48,4</b>	<b>47,09</b>	<b>1,31</b>	<b>48,85</b>	<b>-0,45</b>	<b>2,31</b>	<b>2,87</b>	<b>2,42</b>	<b>1,23</b>	<b>26,11</b>	<b>1,48</b>	<b>18,44</b>
<b>СКО</b>	<b>0,5</b>	<b>6,33</b>	<b>6,18</b>	<b>4,12</b>	<b>3,93</b>	<b>0,38</b>	<b>0,60</b>	<b>0,48</b>	<b>0,44</b>	<b>6,86</b>	<b>0,45</b>	<b>5,97</b>
П47	50	47,0	3,0	54,5	-4,5	2,20	2,25	2,91	1,00	19,69	1,26	22,42
П48	50	45,6	4,4	49,8	0,2	2,32	3,33	2,07	0,86	25,48	2,38	23,05
П49	50	45,8	4,2	46,8	3,2	2,26	2,92	2,48	0,80	21,43	1,79	10,82
П50	51	44,3	6,7	45,4	5,6	2,18	2,84	2,17	1,20	24,10	2,29	19,02
П51	51	48,9	2,1	45,7	5,3	2,51	3,48	2,46	0,86	28,11	1,99	22,14
П52	52	56,1	-4,1	54,8	-2,8	2,88	3,53	3,06	1,76	34,80	2,13	21,30
П53	52	54,2	-2,2	53,3	-1,3	2,53	3,26	2,17	1,98	35,25	1,63	13,18
П54	52	50,1	1,9	50,5	1,5	2,68	3,41	2,96	1,08	24,30	3,61	22,14
П55	52	51,1	0,9	51,4	0,6	3,13	4,13	3,16	1,51	35,73	3,25	20,00
П56	52	47,3	4,7	49,4	2,6	2,63	3,62	2,47	1,25	29,02	2,38	23,38
<b>Мат</b>	<b>51,2</b>	<b>49,04</b>	<b>2,16</b>	<b>50,17</b>	<b>1,03</b>	<b>2,53</b>	<b>3,28</b>	<b>2,59</b>	<b>1,23</b>	<b>27,79</b>	<b>2,27</b>	<b>19,75</b>
<b>СКО</b>	<b>0,9</b>	<b>3,84</b>	<b>3,26</b>	<b>3,42</b>	<b>3,29</b>	<b>0,31</b>	<b>0,51</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>5,84</b>	<b>0,71</b>	<b>4,33</b>
П92	60	63,4	-3,4	65,1	-5,1	3,18	4,06	3,55	1,12	29,87	3,41	37,17
П93	60	53,5	6,5	56,4	3,6	2,95	4,37	2,24	1,44	37,16	2,77	17,16

П94	60	53,8	6,2	56,3	3,7	2,42	2,79	2,67	1,63	26,34	1,63	25,15
П95	60	51,1	8,9	57,0	3,0	2,55	3,23	2,58	1,55	29,81	2,55	14,96
П96	60	55,1	4,9	52,8	7,2	2,64	3,50	2,73	1,06	24,09	1,58	26,66
П97	60	58,7	1,3	60,4	-0,4	3,24	4,98	2,12	1,49	41,03	2,66	11,17
П98	60	56,2	3,8	56,8	3,2	2,73	3,80	2,74	0,66	33,50	2,58	25,18
П99	60	56,0	4,0	61,1	-1,1	2,45	3,51	1,90	1,43	28,53	1,54	18,28
П100	60	49,2	10,8	55,5	4,5	2,43	3,61	1,71	1,30	30,07	2,38	13,32
П101	61	58,1	2,9	64,3	-3,3	2,65	3,30	3,01	1,03	26,85	2,02	16,13
<b>Мат</b>	<b>60,1</b>	<b>55,50</b>	<b>4,60</b>	<b>58,58</b>	<b>1,52</b>	<b>2,72</b>	<b>3,71</b>	<b>2,53</b>	<b>1,27</b>	<b>30,72</b>	<b>2,31</b>	<b>20,52</b>
<b>СКО</b>	<b>0,3</b>	<b>4,02</b>	<b>3,97</b>	<b>3,99</b>	<b>3,84</b>	<b>0,30</b>	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	<b>0,30</b>	<b>5,17</b>	<b>0,61</b>	<b>7,92</b>
П151	69	67,9	1,1	69,3	-0,3	3,67	5,01	3,50	1,77	44,07	3,48	31,98
П152	69	64,5	4,5	68,1	0,9	3,12	4,12	2,53	2,43	38,46	2,11	28,56
П153	70	64,4	5,6	70,1	-0,1	3,20	4,30	2,98	1,83	41,54	2,41	20,97
П154	70	71,9	-1,9	74,4	-4,4	3,68	4,77	3,64	2,17	38,90	3,90	27,05
П155	70	61,0	9,0	68,9	1,1	2,92	3,85	2,66	1,91	29,56	1,59	7,25
П156	70	67,9	2,1	73,7	-3,7	4,01	4,81	3,59	3,49	46,99	3,03	25,15
П157	70	60,1	9,9	65,9	4,8	3,01	3,76	3,23	1,63	31,02	2,40	16,42
П158	70	63,5	6,5	72,5	-2,5	3,53	4,95	3,23	1,58	32,30	2,67	33,83
П159	71	55,7	15,3	64,5	6,5	3,16	4,77	2,47	1,01	38,49	3,04	17,21
П160	71	66,6	4,4	72,1	-1,1	2,90	3,72	3,16	1,16	41,69	1,08	33,33
<b>Мат</b>	<b>70,0</b>	<b>64,36</b>	<b>5,64</b>	<b>69,9</b>	<b>0,1</b>	<b>3,32</b>	<b>4,41</b>	<b>3,10</b>	<b>1,90</b>	<b>38,30</b>	<b>2,57</b>	<b>24,17</b>
<b>СКО</b>	<b>0,7</b>	<b>4,63</b>	<b>4,91</b>	<b>3,4</b>	<b>3,5</b>	<b>0,38</b>	<b>0,51</b>	<b>0,43</b>	<b>0,70</b>	<b>5,74</b>	<b>0,85</b>	<b>8,64</b>
П193	78	69,2	8,8	82,9	-4,9	3,41	4,07	2,99	3,08	31,23	2,54	29,11
П194	78	72,6	5,4	78,7	-0,7	4,16	5,73	4,30	0,72	42,87	2,97	20,38
П195	79	68,3	10,7	77,8	1,2	2,98	3,71	3,22	1,59	33,49	1,45	42,07
П196	80	67,0	13,0	77,0	3,0	2,99	4,32	2,70	0,91	33,35	2,53	31,19
П197	80	69,5	10,5	80,4	-0,4	3,14	4,65	2,64	0,96	37,59	2,26	26,59
П198	80	68,6	11,4	69,8	10,2	3,41	3,49	4,46	1,69	30,03	2,28	24,32
П199	80	64,5	15,5	73,3	6,7	3,23	5,06	2,24	0,79	46,70	3,05	28,11
П200	81	73,6	7,4	77,2	3,8	3,67	4,20	4,44	1,74	38,66	2,80	17,38
П201	81	73,7	7,3	81,3	-0,3	3,86	5,78	3,26	0,90	49,76	3,02	20,57
П202	86	68,2	17,8	79,9	6,1	3,35	4,70	3,33	0,73	32,37	2,31	17,99
<b>Мат</b>	<b>79,8</b>	<b>69,51</b>	<b>10,79</b>	<b>77,4</b>	<b>2,5</b>	<b>3,38</b>	<b>4,56</b>	<b>3,29</b>	<b>1,26</b>	<b>37,24</b>	<b>2,60</b>	<b>26,96</b>
<b>СКО</b>	<b>2,3</b>	<b>2,99</b>	<b>3,86</b>	<b>4,0</b>	<b>4,4</b>	<b>0,36</b>	<b>0,74</b>	<b>0,75</b>	<b>0,70</b>	<b>6,26</b>	<b>0,50</b>	<b>7,41</b>
П208	90	76,7	13,3	90,4	-0,4	3,40	4,25	3,94	1,05	30,78	2,07	21,92
П209	93	76,8	16,2	91,8	1,2	3,45	4,97	3,20	0,86	40,73	2,58	21,40
П210	95	75,2	19,8	90,8	4,2	3,44	3,86	4,35	1,26	37,87	3,06	35,39
П211	95	74,4	20,6	87,6	7,4	3,92	4,06	5,27	1,38	23,92	1,78	21,56
П212	96	82,0	14,0	93,9	2,1	3,85	5,33	3,90	0,86	45,67	3,07	22,39
П213	97	77,7	19,3	100,7	-3,7	3,58	5,27	3,15	0,84	45,93	2,36	16,71
П214	105	87,4	17,6	105,9	-0,9	4,52	5,40	5,44	1,60	48,00	3,31	37,88
П215	106	84,6	21,4	102,1	3,9	4,91	6,26	5,62	1,24	54,98	3,44	22,56
П216	112	86,4	25,6	107,7	4,3	3,87	5,90	2,88	1,35	59,18	3,07	22,18
П217	126	89,5	36,5	112,8	13,2	4,34	5,47	4,98	1,36	51,18	2,98	34,19
<b>Мат</b>	<b>101,5</b>	<b>81,07</b>	<b>20,43</b>	<b>98,4</b>	<b>3,1</b>	<b>3,9</b>	<b>5,2</b>	<b>4,2</b>	<b>1,2</b>	<b>44,3</b>	<b>2,8</b>	<b>26,2</b>
<b>СКО</b>	<b>11,0</b>	<b>5,59</b>	<b>6,70</b>	<b>8,6</b>	<b>4,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>0,3</b>	<b>10,4</b>	<b>0,5</b>	<b>7,6</b>
<b>Статистика для сколиоза III степени (<math>25^\circ \leq C &lt; 50^\circ</math>, П1-П46)</b>												

<b>Мат</b>	43,0	43,67	-0,70	43,63	-0,66	2,3	2,8	2,4	1,3	23,6	1,6	17,1
<b>СКО</b>	4,76	5,38	4,08	5,33	3,20	0,27	0,47	0,45	0,47	5,51	0,44	6,35
<b>Мин</b>	32,0	30,37	-6,6	31,3	-5,7	1,7	1,7	1,5	0,5	7,2	0,6	2,3
<b>Макс</b>	49,0	53,80	17,6	54,3	8,2	2,8	3,6	3,4	2,6	34,1	2,3	28,9
<b>Статистика для сколиоза IV степени (<math>50^\circ \leq C &lt; 90^\circ</math>, П47-П205)</b>												
<b>Мат</b>	65,8	60,03	5,71	64,85	0,89	3,0	4,0	3,0	1,5	33,5	2,5	23,3
<b>СКО</b>	8,89	7,31	4,90	9,64	4,16	0,49	0,78	0,59	0,65	7,64	0,79	7,52
<b>Мин</b>	50,0	44,33	-4,5	45,4	-8,9	2,0	2,3	1,7	0,4	16,1	1,0	2,3
<b>Макс</b>	89,0	76,65	20,4	90,5	16,0	4,2	6,1	4,9	3,7	53,4	4,7	49,8
<b>Статистика для сколиоза IV степени в запущенной форме (<math>C \geq 90^\circ</math>, П206-П217)</b>												
<b>Мат</b>	99,1	79,59	19,5	95,9	3,2	3,8	5,1	4,1	1,2	42,9	2,8	26,8
<b>СКО</b>	10,58	5,67	6,07	8,82	4,05	0,47	0,63	0,97	0,25	9,66	0,58	7,27
<b>Мин</b>	90,0	73,10	13,3	85,2	-2,9	3,4	4,1	2,9	0,8	23,9	1,8	15,5
<b>Макс</b>	126,0	89,53	36,5	112,1	13,9	4,9	6,3	5,6	1,6	59,2	3,8	40,2
<b>Статистика для всех пациентов (П1-П217)</b>												
<b>Мат</b>	63,0	57,7	5,2	62,2	0,71	2,9	3,8	2,9	1,4	32,0	2,3	22,2
<b>СКО</b>	15,30	10,98	6,5	14,93	4,05	0,60	0,93	0,70	0,61	8,80	0,82	7,75
<b>Мин</b>	32,0	30,4	-6,6	31,3	-8,9	1,7	1,7	1,5	0,4	7,2	0,6	2,3
<b>Макс</b>	126,0	89,5	36,5	112,1	16,0	4,9	6,3	5,6	3,7	59,2	4,7	49,8

В таблице приводится первая (начало) и последняя (конец) десятка пациентов, последняя десятка группы СС3 и первая десятка группы СС4 (граница по Cobb = 50°), а также десятки пациентов для угла Cobb в 60°, 70° и 80°. Приведенные в таблице данные позволяют детально проанализировать, как соотносится угол Cobb и углы латеральной асимметрии LA\* и LA для конкретных пациентов. Матожидание, рассчитанное для десятков пациентов, у всех топографических параметров, кроме интегрального индекса для сагиттальной плоскости PTI-S, неуклонно возрастает с увеличением угла Cobb. Однако имеются пациенты, у которых топографическая (клиническая) картина существенно отличается от средней по десятке. Например, у пациента П37 из второй десятки (угол Cobb равен 48°), все топографические параметры, в том числе и LA, меньше матожидания для первой десятки пациентов. При этом матожидание угла Cobb для первой десятки составляет 35,8°, что на 12° меньше, чем у пациента П37. Следует отметить, у этого пациента LA\* показал существенно заниженную оценку на 17,6°, а LA заниженную, но только на 7,5°.

На рис.2. приведены клинические примеры пациентов из Таблицы 1. В верхнем ряду картинок для каждого пациента помещены расчерченные рентгенограммы, под ними - фрагмент «Сколиотические дуги» основной выходной формы системы ТОДП с описанием выявленных дуг, а еще ниже - 3D модель дорсальной поверхности туловища, раскрашенная по значению кривизны поверхности (сумма кривизны по вертикали и горизонтали). Рентгенограммы развернуты по отношению к 3D модели на 180° (пациент

при рентгенологическом обследовании снимается со стороны лица, а при топографическом обследовании со стороны спины). Во фрагменте «Сколиотические дуги» в верхней строке приводится обозначение параметров выявленных дуг, из которых обращаем внимание на «ЛА», обозначающий угол латеральной асимметрии (новый алгоритм). Именно его значение и надо сравнивать с углом Cobb, выведенным на рентгенограмме. В описании каждой из выявленных дуг (2 или 3 дуги) слева приводится обозначение локализации дуг по стороне выпуклости и уровню. Для наших примеров имеются варианты: ЛВГ - левосторонняя верхнегрудная дуга (противоискривление), ПГ - правосторонняя грудная дуга (основная дуга) и ЛП - левосторонняя поясничная дуга (противоискривление). На 3D модели выведены анатомические точки - ориентиры костных структур и линия остистых отростков с выведенными на ней точками, расставленными вручную.

Приведенные на рис.2 клинические примеры наглядно иллюстрируют, что рентгенологическая картина деформации позвоночника часто не соответствует топографической (клинической) картине деформации туловища пациента. Покажем это на конкретном примере, проанализировав данные трех пациентов (П92, П157, П208), имеющих похожую клиническую картину, но разные значения угла Cobb (60°, 70°, 90°). Эти пациенты имеют близкие значения интегральных индексов PTI (3,18; 3,01; 3,40), PTI-F (4,06; 3,76; 4,25), PTI-G (3,55; 3,23; 3,94). У них незначительно отличается и величина MDR - бокового отклонения вправо линии остистых отростков (29,87 мм; 31,02 мм; 30,78 мм). Однако величина ISA (индекс сколиотической асимметрии лопаток) значительно больше у пациента П92 (3,41; 2,40; 2,07), точно также как и величина PVA-T - паравертебральной асимметрии в грудном отделе (37,17 мм; 16,42 мм; 21,92 мм). Если внимательно посмотреть на 3D модели этих пациентов, то можно убедиться, что именно у пациента П92 имеется наибольший реберный горб и асимметрия лопаток. Проведенное сравнение этих пациентов показывает, что именно отсутствие точного соответствия между деформацией позвоночника и деформацией туловища является причиной неудач при попытках оценивать угол Cobb по отдельным показателям, характеризующим преимущественно ротационную деформацию туловища (угол ротации туловища, измеряемый сколиометром, или высота реберного горба, оцениваемая по асимметрии числа муаровых полос).

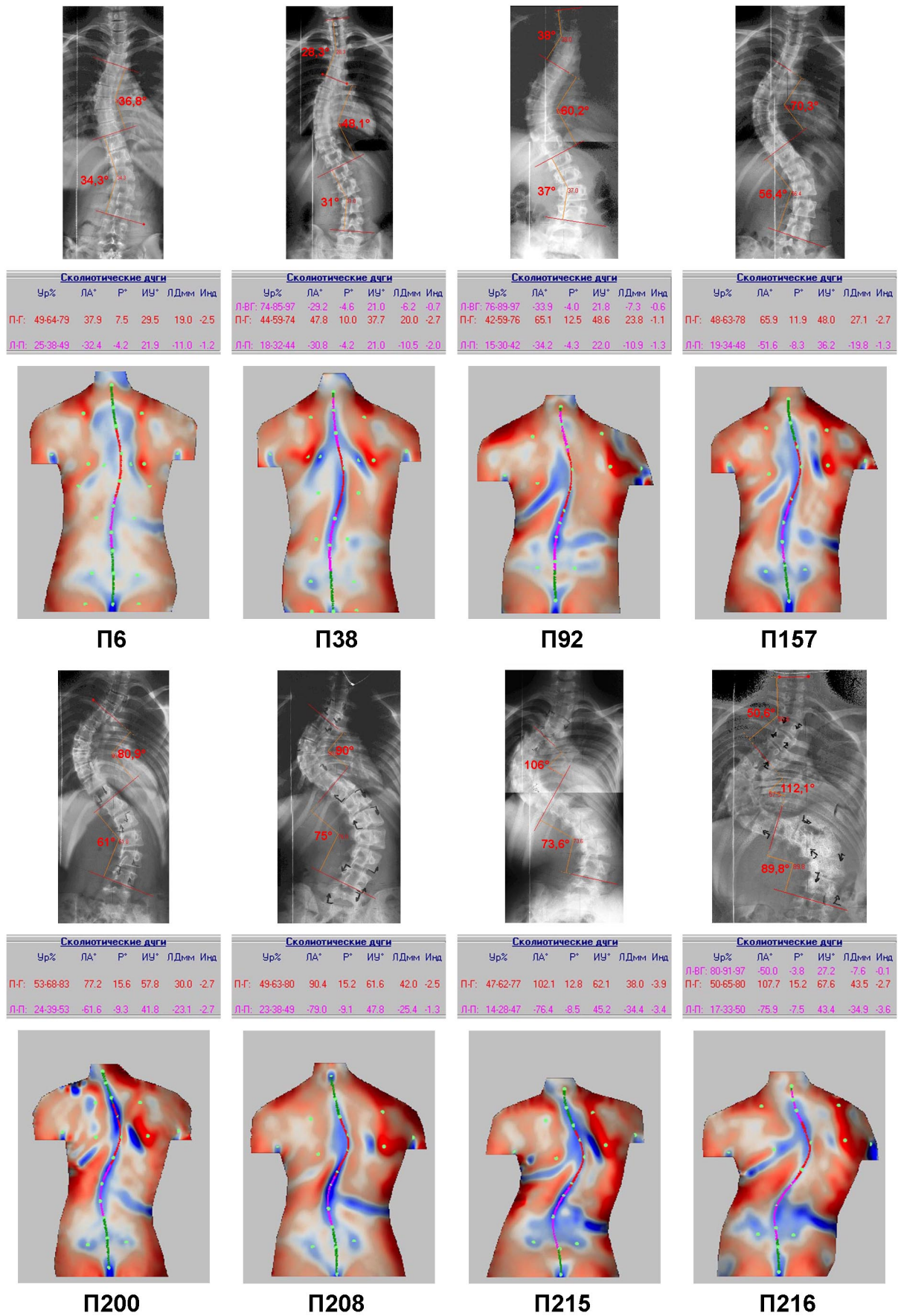


Рис.2. Клинические примеры пациентов из Таблицы 1 (пояснения в тексте)

В Таблице 2 для анализируемых параметров приведены коэффициенты корреляции Пирсона, которые подтверждают вышесказанное. Корреляция приведена для каждой из групп СС3, СС4, СС4зф и для всех пациентов в целом. Неожиданным для нас результатом данного исследования явилась более низкая, чем предполагалось, корреляция угла Cobb с топографическими параметрами MDR, ISA и PVA-T для столь однородного по локализации сколиоза. Минимальной корреляция оказалась для группы СС3 (0,224; -0,139; 0,163) с некоторым возрастанием для СС4 (0,436; 0,148; 0,195) и СС4зф (0,651; 0,193; 0,389). Лучшую корреляцию показал MDR, характеризующий боковое искривление линии остистых отростков, а худшую - ISA и PVA-T, характеризующие ротационную деформацию туловища. При расчете корреляции для всех пациентов (0,651; 0,421; 0,382) ее значение для MDR и PVA-T осталось на уровне СС4зф, а для ISA возросло более, чем в 2 раза.

Таблица 2. Коэффициент корреляции Пирсона

Параметр	С	LA	PTI	PTI-F	PTI-G	PTI-S	MD	ISA	PVA-T
<b>Сколиоз III степени (<math>25^\circ \leq C &lt; 50^\circ</math>, П1-П46)</b>									
<b>С</b>	1,0	0,805	0,135	0,007	0,305	-0,177	0,224	-0,139	0,163
<b>LA*</b>	0,682	0,860	0,540	0,388	0,547	-0,136	0,561	0,040	0,316
<b>LA</b>	0,805	1,0	0,309	0,253	0,357	-0,223	0,440	-0,071	0,275
<b>Сколиоз IV степени (<math>50^\circ \leq C &lt; 90^\circ</math>, П47-П205)</b>									
<b>С</b>	1,0	0,902	0,481	0,471	0,391	-0,054	0,436	0,148	0,195
<b>LA*</b>	0,828	0,924	0,710	0,634	0,590	0,095	0,626	0,348	0,360
<b>LA</b>	0,902	1,0	0,562	0,528	0,441	0,018	0,499	0,217	0,293
<b>Сколиоз IV степени в запущенной форме (<math>C \geq 90^\circ</math>, П206-П217)</b>									
<b>С</b>	1,0	0,929	0,678	0,601	0,393	0,499	0,651	0,193	0,389
<b>LA*</b>	0,894	0,937	0,762	0,727	0,369	0,490	0,756	0,523	0,241
<b>LA</b>	0,929	1,0	0,669	0,753	0,263	0,465	0,783	0,287	0,235
<b>Все пациенты (П1-П217)</b>									
<b>С</b>	1,0	0,964	0,737	0,708	0,631	-0,023	0,651	0,421	0,382
<b>LA*</b>	0,930	0,965	0,833	0,776	0,718	0,051	0,742	0,518	0,468
<b>LA</b>	0,964	1,0	0,768	0,738	0,642	0,006	0,689	0,449	0,426

Эти результаты позволяют сделать однозначный вывод, что по приведенным или аналогичным им топографическим параметрам точная количественная оценка угла Cobb не представляется возможной. Интегральные индексы PTI, PTI-F, PTI-G показали более высокую корреляцию по сравнению с выше рассмотренными параметрами. Минимальной корреляция оказалась также для группы СС3 (0,135; 0,007; 0,305) и она возростала для СС4 (0,481; 0,471; 0,391) и еще более для СС4зф (0,678; 0,601; 0,393). Максимальной корреляция оказалась для всех пациентов (0,737; 0,708; 0,631). Интегральный индекс для

сагиттальной плоскости РТИ-S, оценивающий отклонения состояния физиологических изгибов от гармоничного, показал отсутствие какой либо связи с углом Cobb, кроме группы СС4зф. Однако из-за недостаточной численности этой группы нельзя считать результат, полученный для нее, исключением из общей картины. Следует обратить внимание, что наибольшую корреляцию с углом Cobb среди всех топографических параметров системы ТОДП (за исключением параметров, описывающих сколиотические дуги) имеет общий интегральный индекс РТИ, который характеризует отклонение состояния осанки от гармонической в целом.

Далее рассмотрим, насколько сильна корреляция угла Cobb с углами LA\* и LA. Для этих параметров, разработанных для того, чтобы максимально соответствовать углу Cobb, получен ожидаемый результат: корреляция для групп оказалась выше у LA, чем LA\*: СС3 (0,805 и 0,682), СС4 (0,902 и 0,828), СС4зф (0,929 и 0,894) и для всех пациентов (0,964 и 0,930). Следует обратить внимание, что корреляция LA со всеми топографическими параметрами (кроме РТИ-S) выше, чем у угла Cobb, но ниже чем у LA\*. Также следует подчеркнуть, что более высокая корреляция не означает лучшее соответствие угла LA и угла Cobb, так для группы СС3 корреляция ниже, чем для СС4, а точность оценки угла Cobb выше (по СКО разности С-LA, Таблица 1).

Приведенные в Таблице 3 данные также демонстрируют существенное преимущество нового алгоритма расчета LA над старым. Процент случаев, для которых разность С-LA\* и С-LA находится в пределах  $\pm 5^\circ$  (ошибка в расчерчивании угла Cobb), для всех групп меньше для LA\*, чем для LA: СС3 (89,1% и 93,5%), СС4 (47,9% и 80,4%), СС4зф (0% и 84,6%) и для всех пациентов в целом (53,9% и 83,7%), а процент превышения разности на величину более  $10^\circ$  для всех групп больше для LA\*, чем для LA: СС3 (2,2% и 0%), СС4 (15,3% и 1,8%), СС4зф (100% и 7,7%) и для всех пациентов (17,7% и 1,8%).

Таблица 3. Сравнение углов латеральной асимметрии, рассчитанных по старому (LA\*) и новому алгоритму (LA) на соответствие углу Cobb

Диапазон разности	III степень ( $25^\circ \leq C < 50^\circ$ )		IV степень ( $50^\circ \leq C < 90^\circ$ )		IV степень в запущенной форме ( $C \geq 90^\circ$ )		Все пациенты	
	С-LA*	С-LA	С-LA*	С-LA	С-LA*	С-LA	С-LA*	С-LA
Не более $\pm 5^\circ$	89,1%	93,5%	47,9%	80,4%	0%	84,6%	53,9%	83,7%
Не более $\pm 10^\circ$	97,8%	100%	84,7%	98,2%	0%	92,3%	82,4%	98,2%
Более $10^\circ$	2,2%	0%	15,3%	1,8%	100%	7,7%	17,7%	1,8%
Менее $-10^\circ$	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

При проведении исследования представили интерес также вопросы: на сколько точно можно диагностировать степень сколиоза по топографическим углам LA\* и LA по сравнению с углом Cobb, какое распределение (гистограмму) имеют разности C-LA\* и C-LA и другие рассмотренные топографические параметры и могут ли эти параметры быть использованы для диагностики степени сколиоза. Для этой цели были построены совмещенные для групп СС3, СС4 и СС4эф гистограммы, приведенные на рис.3.

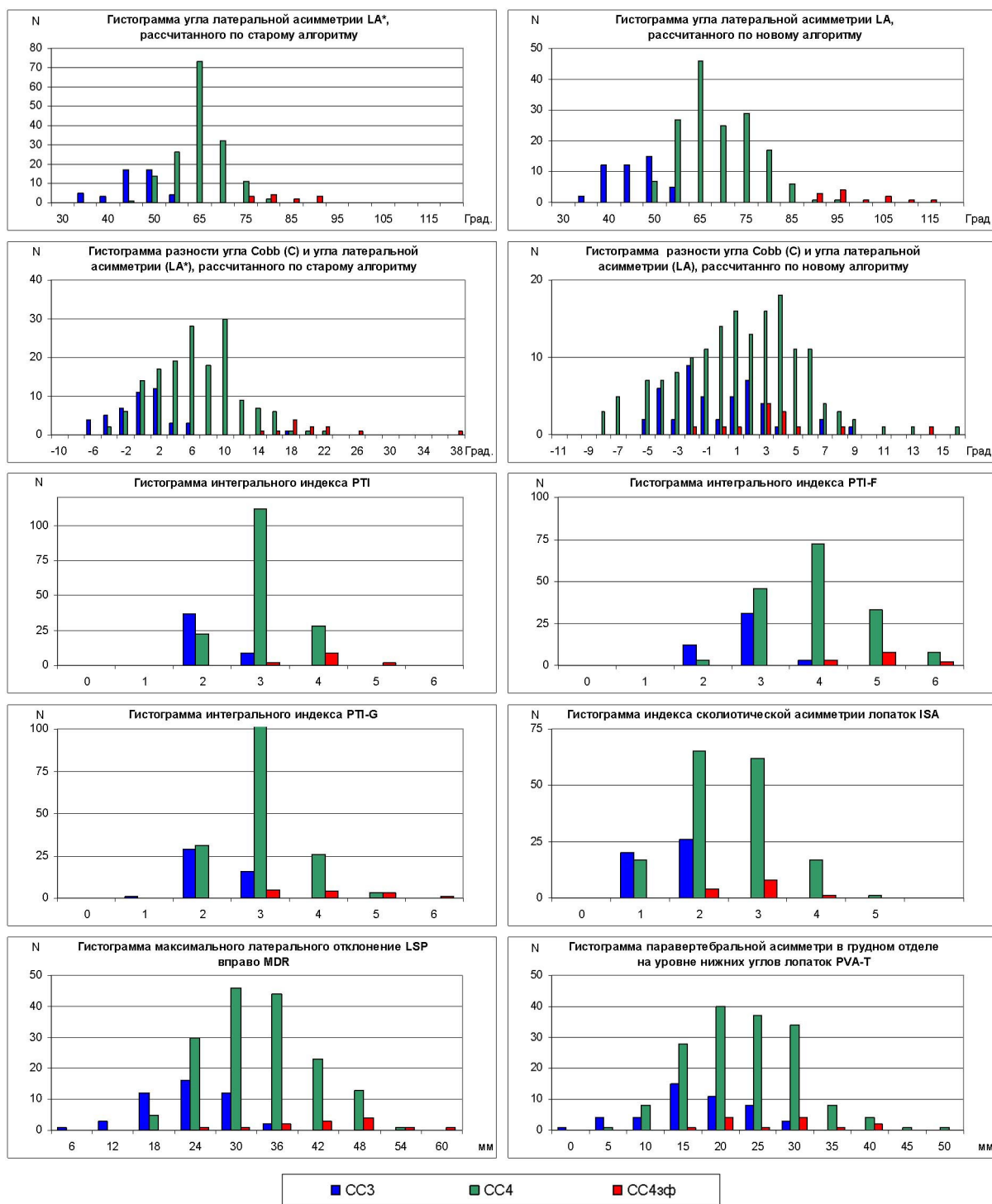




Рис.3. Совмещенные гистограммы топографических параметров для сколиозов, разделенных по степеням по углу Cobb: СС3 - III степень (25-49°), СС4 - IV степень (50-89°), СС4 - IV степень в запущенной форме (90° и более) (пояснения в тексте)

В первом ряду сверху на рис.3 представлены гистограммы углов LA\* и LA, по которым можно увидеть, что для угла LA\* группы СС3 и СС4 перекрываются в диапазоне 40-55°, вся группа СС4зф лежит в диапазоне менее 90°. Для угла LA группы СС3 и СС4 перекрываются только в диапазоне 45-55° (в пределах ошибки расчерчивания угла Cobb), а группы СС4 и СС4зф перекрываются в диапазоне 85-95°. При этом для угла LA\* в группе СС3 имеется 4 ложно-положительных диагноза (СС4 вместо СС3), в группе СС4 имеется 15 ложно-отрицательных диагноза (СС3 вместо СС4), а в группе СС4зф все 12 пациентов имеют ложно-отрицательный диагноз (СС4 вместо СС4зф). Таким образом, для угла LA\* число истинно-положительных диагноза для степени сколиоза по сравнению с рентгеном составило 85,7%, что в основном связано с недооценкой угла Cobb для СС4 и СС4зф. Для угла LA в группе СС3 имеется 5 ложно-положительных диагноза (СС4 вместо СС3), в группе СС4 имеется 7 ложно-отрицательных диагнозов (СС3 вместо СС4) и 1 ложно-положительный диагноз (СС4зф вместо СС4), а в группе СС4зф имеется 3 ложно-отрицательных диагноза (СС4 вместо СС4зф). Таким образом, для угла LA число истинно-положительных диагнозов для степени сколиоза по сравнению с рентгеном составило 92,6%, при этом все случаи расхождений укладываются в зону возможной ошибки расчерчивания угла Cobb. Проведенный выше анализ доказывает, что поставленная цель исследования - повышение точности оценки угла Cobb углом латеральной асимметрии системы ТОДП и расширение диапазона достоверной диагностики идиопатического сколиоза, реализована для правосторонних грудных сколиозов с грудно-поясничным или поясничным противоискривлением.

Во втором ряду сверху на рис.3 представлены гистограммы разности углов С-LA\* и С-LA, по которым видно, что оценка угла Cobb углом LA стала существенно более точной по сравнению с LA\*: несмещенной для всех трех групп и размах расхождения уменьшился более 2 раз. Оставшиеся на рис.3 шесть гистограмм построены для анализируемых топографических параметров, кроме интегрального индекса РТИ-S, который не показал какой-либо корреляционной связи с углом Cobb. По всем параметрам гистограммы перекрываются не только для соседних групп СС3-СС4 и СС4-СС4зф, но и для крайних групп СС3-СС4зф, которые по среднему углу Cobb различаются на 56°. Так как эти шесть параметров выбраны нами для анализа, как имеющие максимальную

корреляцию с углом Cobb (за исключением топографических параметров, описывающих сколиотические дуги), то их гистограммы наглядно подтверждают ранее сделанный вывод о том, что по отдельным топографическим параметрам, оценивающим деформацию туловища, точная количественная оценка угла Cobb не возможна. Точно также по ним невозможна и диагностика степени сколиоза, т.е. его тяжести по величине деформации позвоночника по рентгенологическому углу Cobb.

Следовательно, единственно правильный путь достижения топографией статуса диагностического метода по сколиозу - это создание наиболее адекватной модели восстановления формы позвоночника по данным топографии. В связи с этим нам предстоит решить две основных задачи: доработать новый алгоритм расчета LA для других типов сколиоза по локализации (прежде всего для одиночных основных дуг), а также разработать алгоритмы автоматического выделения (расчерчивания) линии остистых отростков по авторской методике ручного расчерчивания.

На наш взгляд следует задуматься об изменении статуса угла Cobb, как золотого и единственного стандарта оценки тяжести сколиоза, так как сколиоз это не только деформация позвоночника, но и деформация туловища. Как показано в статье, при сколиозе это два хотя и взаимосвязанных, но разных явления. Это наглядно демонстрирует пример пациентов П92 и П208, которые при разнице  $30^\circ$  в угле Cobb имеют близкие топографические показатели деформации туловища, а по величине реберного горба и асимметрии лопаток пациент П92 даже превосходит П208. Наше предложение - оценивать тяжесть сколиоза по двум факторам: деформации позвоночника и деформации туловища.

## ВЫВОДЫ

1. Проведенное исследование позволило разработать новый более точный алгоритм расчета угла латеральной асимметрии LA для правосторонних грудных сколиозов с грудно-поясничным или поясничным противоискривлением. Для диапазона угла Cobb от  $32^\circ$  до  $126^\circ$  алгоритм обеспечил несмещенную оценку ( $0,7^\circ$ ) при СКО  $4,05^\circ$  и максимальное расхождение от  $-8,9$  до  $16,0^\circ$ .

2. Новый угол LA имеет более высокую корреляцию с углом Cobb: для сколиоза III степени ( $25^\circ \leq \text{Cobb} < 50^\circ$ , 46 чел.) - 0,805; IV степени - ( $50^\circ \leq \text{Cobb} < 90^\circ$ , 159 чел.) - 0,902, IV степени в запущенной форме ( $\text{Cobb} \geq 90^\circ$ , 12 чел.) - 0,929 и для всех пациентов - 0,964.

3. Новый угол LA обеспечил больший процент случаев, у которых расхождение с углом Cobb не более  $\pm 5^\circ$ : для сколиоза III степени - 93,5%, IV степени - 80,4%, IV степени в запущенной форме - 84,6% и для всех пациентов в целом - 83,7%. При этом обеспечен меньший процент расхождения с углом Cobb более  $10^\circ$ : III степень - 0%, IV степень - 1,8%, IV степень в запущенной форме - 7,7% и для всех пациентов - 1,8%.

4. Новый угол LA в 92,6% случаев обеспечил корректную постановку диагноза по степени сколиоза в сравнении с рентгеном, при этом все расхождения укладываются в зону возможной ошибки расчерчивания угла Cobb ( $\pm 5^\circ$ ).

5. В дальнейшем требуется проверить и доработать новый алгоритм расчета LA для других типов сколиоза по локализации (прежде всего для одиночных основных дуг), а также разработать алгоритмы автоматического выделения (расчерчивания) линии остистых отростков по авторской методике ручного расчерчивания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. Хирургия деформаций позвоночника. Сибирское университетское издательство. - Новосибирск. 2011. 588с.
2. Lonstein JE: Screening for spinal deformities in Minnesota schools. Clin Orthop Relat Res 1977, 33-42.
3. Takasaki H. Moire Topography //Appl. Opt., 1970, 9, p. 1467-1472.
4. Adair I.V., Van Wijk M.C. and Armstrong G.W.D. Moire topography in scoliosis screening. - J. Clin. Orthop. Relat. Res., 1977. - Vol.129. - P.165-171.
5. Ohtsuka Y, Yamagata M, Arai S, Kitahara H, Minami S: School screening for scoliosis by the Chiba University Medical School screening program. Results of 1.24 million students over an 8-year period. // Spine 1988, 13:1251-1257
6. Bunnell W.P. An objective criterion for scoliosis screening. // J Bone Joint Surg. Am. 1984, 66(9):1381-1387.
7. Grivas TB, Wade MH, Negrini S, O'Brien SJ, Maruyama T, Hawes MC, Rigo M, Weiss HR, Kotwicki T, Vasiliadis ES, Sulam LN, Neuhous T. 2011 SOSORT consensus paper: school screening for scoliosis. Where are we today? Available at: <http://www.scoliosisjournal.com/content/2/1/17>
8. Laulund T, Sojbjerg JO, Horlyck E: Moire topography in school screening for structural scoliosis. // Acta Orthop Scand 1982, 53:765-768.

9. Neugebauer H., Windischbauer G. School screening: a new pilot study in Vienna// Surface Topography and Spinal Deformity, Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium , Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1987, 177-186.
10. Stokes A.F., Moreland M.S. Concordance of Back Surface Asymmetry and Spine Shape in Idiopathic Scoliosis. // Spine 1989, 14:73-78.
11. Turner-Smith A.R. Television scanning technique for topographic body Measurements.// Biostereometrics'82, SPIE, V 361, 1983. - P.279-283.
12. Pearson JD, Dangerfield PH, Atkinson JT, et al. Measurement of body surface topography using an automated imaging system. //Acta Orthop Belg 1992; 58(Suppl. 1): 73-9.
13. 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. BoneJoint Surg., 1994. - Vol.76-B (Supp. I). -P.10-11.
14. Drerup B., Hierholzer E. Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. //Clin. Biomech. 1994.-Vol.9.- P.28-36.
15. Batouche M, Benlamri R, Kholadi MK. A computer vision system for diagnosing scoliosis using moiré images. //Comput Biol Med, 1996; 26(4): 33-53.
16. Hill DL, Berg DC, Raso VJ, et al. Evaluation of a laser scanner for surface topography. //Stud Health Technol Inform 2002; 88: 90-4.
17. Treuillet S, Lucas Y, Crepin G, Peuchot B, Pichaud JC. SYDESCO: a laser-video scanner for 3D scoliosis evaluations. //Stud Health Technol Inform 2002; 88: 70-3.
18. Zubovic A, Davies N, Berryman F, et al. New Method of Scoliosis Deformity Assessment: ISIS2 System.// Stud Health Technol Inform 2008; 140: 157-60.
19. Turner-Smith A.R., Harris J.D., Houghton G.R., Jerson R.J. A method for analysis of back shape in scoliosis. // J.Biomechanics, 1988; 21(6):497-509.
20. 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.
21. Frerich J.M., Hertzler K., Knott P., Mardjetko S. Comparison of Radiographic and Surface Topography Measurements in Adolescents with Idiopathic Scoliosis //The Open Orthopaedics Journal, 2012, 6: 261-265.
22. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г. Использование функциональных поз для повышения эффективности скрининг-диагностики сколиоза методом компьютерной оптической топографии //Диагностика, профилактика и коррекция нарушений опорно-

- двигательного аппарата у детей и подростков. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, 5-6 декабря 2002, -Москва, 2002. -С.160-165.
23. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г. Компьютерная оптическая топография. Объективная диагностика структуральных сколиозов - неивазивная альтернатива рентгену //Современные технологии. РИАМЕД. Информационный журнал. -№1(15). -Санкт-Петербург, 2006. -С.10-12.
24. Балдова С.Н. Клинико-нейрофизиологическая характеристика идиопатического сколиоза у детей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. ФГУ «НИИТО», Нижний Новгород -2009, 22с.
25. Багриновская И.Л. Сопоставимость оценки углов сколиотической деформации позвоночника начальных стадий по данным рентгена и компьютерной оптической топографии //Хирургия позвоночника. -Новосибирск, 2014. -№3. -С.32-37.
26. Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты //Под ред. М.В. Михайловского. -Новосибирск: АНО "Клиника НИИТО", 2007. -456с.

Контактный адрес:

Россия, 630091, г.Новосибирск, ул.Крылова, 31, офис 54, генеральному директору ООО «МЕТОС» Сарнадскому В.Н.

Тел.: (383) 325-41-52, 325-41-50, E-mail: metos.org@gmail.com