



ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ФОТОМЕТРИИ

С.Н. Бакурский, Н.В. Репалова, Д.Е. Скопин, И.А. Пашин

Центрально-Черноземный научный центр Российской академии медицинских наук, Курск

Цель исследования. Изучение достоверности показателей состояния опорно-двигательной системы (ОДС), полученных с помощью компьютерной фотометрии.

Материал и методы. В эксперименте приняло участие 36 детей, которые были распределены по клиническим и возрастным группам. В качестве критериев оценки состояния ОДС детей определялись следующие параметры: углы наклона плечевого и тазового поясов, верхний и нижний индексы площади, совокупное отклонение плечевого и тазового поясов, угол отклонения оси туловища от отвеса.

Результаты. Полученные данные показали, что у детей младшей возрастной группы с невыраженными отклонениями позвоночника разброс параметров достоверно различен ($p < 0,05$), в отличие от параметров у детей старшей возрастной группы со значительными отклонениями позвоночного столба во фронтальной плоскости. Предложено использовать оценку не самих угловых показателей, а отношение их производных. В качестве производного абсолютной величины — угла — использована площадь треугольника, образованного этим углом. Такими показателями являются индексы площадей плечевого и тазового поясов. Показано, что производные абсолютных величин являются показателями, достоверными для всех возрастных и клинических групп ($p < 0,05$).

Заключение. При оценке состояния ОДС в рамках массовых профилактических осмотров детей необходимо использовать соотношения производных угловых показателей фронтальной девиации позвоночного столба. Абсолютные угловые показатели при определении невыраженных девиаций во фронтальной плоскости, особенно у детей младшего возраста, имеют значительное среднее отклонение, что ставит под сомнение их достоверность.

Ключевые слова: опорно-двигательная система, компьютерная фотометрия, компьютерная оптическая топография, нарушение осанки, сколиоз, профилактические осмотры детского населения.

RELIABILITY OF MUSCULOSKELETAL PARAMETERS OBTAINED FROM OPTICAL PHOTOMETRY

S.N. Bakursky, N.V. Repalova, D.E. Skopin, I.A. Pashin

Objective. To study the reliability of musculoskeletal system (MSS) parameters obtained with the help of computer optical photometry.

Material and Methods. The study included 36 children distributed into clinical and age groups. The following parameters were used for MSS assessment in children: 1 — angle of shoulder girdle inclination; 2 — angle of pelvic girdle inclination; 3 — upper area index; 4 — lower area index; 5 — combined deviation of shoulder and pelvic girdles; and 6 — angle of body axis deviation from the plumbline.

Results. The study has shown a reliable parameter spread ($p < 0,05$) in younger children with low-grade spine deviations in contrast with that in elder children with significant spine deviations in a frontal plane. Authors offer to assess not the angular parameters themselves, but a ratio of their derivatives. As the derivative of the absolute magnitude (angle) the area of triangle made by this angle is used. Such parameters are the area indices of shoulder and pelvic girdles. The absolute magnitude derivatives appears to be the reliable parameters for all age and clinical groups ($p < 0,05$).

Conclusion. It is reasonable to use the ratio of derivatives of angular parameters of spine deviation in a frontal plane for the assesment of MSS in children during screening examination. Absolute angular parameters in identification of low-grade deviations in a frontal plane, especially in younger children, show a significant mean deviation which raise a doubt about their reliability.

Key Words: musculoskeletal system, computer optical topography, computer photometry, posture abnormality, scoliosis, screening examination in children.

Hir. Pozvonoc. 2005;(4):66–71.

В последнее время наблюдается тенденция к росту числа заболеваний, в основе которых лежат дегенеративно-дистрофические изменения в межпозвоночных дисках. Пациенты с обозначенной патологией позвоночника составляют до 70 % от общего количества больных неврологического профиля [13]. За последние десять лет количество тех, кто обращается к врачу с жалобами на боль, связанную с позвоночником, возросло в тридцать раз [3]. Кроме того, по данным М.А. Садового с соавт. [6], у 90–98 % детского населения имеются отклонения в формировании опорно-двигательной системы (ОДС). Однако частота выявляемости данных изменений ОДС при медицинских осмотрах едва достигает 1 %. При специальных же ортопедических обследованиях процент выявляемости возрастает в 10–15 раз. Отсутствие объективных унифицированных методик оценки состояния ОДС детей при проведении скрининговых обследований делает проблему особо актуальной. Цель работы – определение степени достоверности показателей состояния ОДС человека, полученных с помощью компьютерной фотометрии.

Материал и методы

В эксперименте принимали участие 36 детей, которые были распределены по возрастным (5–8 лет, 9–14 лет, 15–18 лет) и клиническим (норма, нарушение осанки, сколиоз) группам. Клинические группы выделены с учетом того, что состояние нормы и пограничные состояния (нарушение осанки) выпадают из поля зрения диагностических методов оценки состояния ОДС [9]. В то же время нарушение ориентации позвоночного столба во фронтальной плоскости является важным признаком, свидетельствующим о необходимости коррекции развивающихся нарушений в доклинической стадии

На спине пациента светоотражающим материалом отмечались точки, соответствующие следующим анато-

мическим образованиям: проекция остистого отростка С₇; вершины углов лопаток; задневерхние наружные ости подвздошных костей; вершина межъягодичной борозды.

После этой разметки пациент становился на ровную жесткую поверхность, выверенную в горизонтальной плоскости с помощью уровней, в свободную стойку с равномерно нагруженными собственным весом ногами. Рядом с пациентом закреплялся отвес, относительно которого затем осуществлялись вычисления угловых отклонений. После этого производилась фотосъемка спины испытуемого с помощью цифровой фотокамеры (рис. 1).

Камера располагалась в трех метрах от пациента и соединялась с компьютером. Полученное изображение передавалось на жесткий диск для последующей обработки. Оценка изображения начиналась с калибровки, для чего на отвесе отмечались две любые точки, которые обозначали О и О'. Полученный отрезок являлся эталоном для данного и последующих снимков, произведенных в одинаковых условиях. После автоматической разметки получали следующие геометрические фигуры: ОО' – отвес; в дальнейшем программа обшчала точку О с точкой С (проекция С₇) для упрощения вычисления углов; АВ – отрезок, соединяющий вершины углов лопаток; DE – отрезок, соединяющий задневерхние наружные ости подвздошных костей; ОС' – продление перпендикуляра из точки О к АВ; FF' – продление перпендикуляра из точки О к ED; Δ AOB; Δ DEF; S – точка пересечения АВ и ОС'; R – точка пересечения DE и FF'; Δ AOS и Δ SOB, полученные при проведении перпендикуляра из точки О к АВ; Δ DFR и Δ RFE, полученные при проведении перпендикуляра из точки О к ED; α – угол между отвесом ОО' и ОС'; β – угол между отвесом ОО' и FF'; δ – угол между FF' и ОС'; γ – угол между отвесом и OF(CF) (рис. 2).

Для вычисления совокупного отклонения плечевого и тазового поясов (СОП) во фронтальной плоскости определялась величина угла между

АВ и CD; угла наклона плечевого пояса (УНПП) во фронтальной плоскости – угол между прямой CS и отвесом; угла наклона тазового пояса во фронтальной плоскости (УНТП) – угол между прямой FR и отвесом; верхнего индекса площади (ВИП) – отношение Δ ACS к Δ SBC; нижнего индекса площади (НИП) – отношение Δ FRD к Δ ERF; угла отклонения оси туловища (УООТ) от отвеса – угол между прямыми CS и FR.



Рис. 1
Пациент с разметкой анатомических образований, полученных с помощью цифровой фотокамеры

Таким образом, после обработки данных получали шесть параметров, характеризующих положение позвоночного столба (рис. 3):

1) угол наклона плечевого пояса – показатель, характеризующий степень отклонения плечевого пояса от горизонтали во фронтальной плоскости и направление его наклона; знак «плюс» соответствует наклону вправо, знак «минус» – влево;

2) угол наклона тазового пояса – показатель, характеризующий степень отклонения тазового пояса от горизонтали во фронтальной плоскости и направление его наклона; знак «плюс» – наклон вправо, знак «минус» – наклон влево;

3) верхний индекс площади.

4) нижний индекс площади.

5) совокупное отклонение плечевого и тазового поясов – сумма отклонений плечевого и тазового поясов во фронтальной плоскости; знак «плюс» – наклон вправо, знак «минус» – наклон влево;

6) угол отклонения оси туловища от отвеса – показатель, характеризующий степень отклонения всего туловища от вертикали во фронтальной плоскости и его направление; знак «плюс» – наклон вправо, знак «минус» – наклон влево. Этот показатель отражает компенсаторную способность организма. Его величина показывает степень декомпенсации нарушения осанки.

Из полученных шести параметров четыре являются угловыми, два – производными угловых.

На первом этапе проводилась оценка достоверности параметров, полученных с помощью ранее использовавшихся методов скрининг-диагностики деформации позвоночника [8–12]. Для этого у ребенка с незначительными отклонениями осанки во фронтальной плоскости была получена серия параметров, обработанная затем с помощью пакета статистического анализа, входящего в состав Microsoft Excel. На изображении туловища ребенка ориентиры отмечались вручную с помощью манипулятора «мышь». Полученные параметры заносились в таблицу Excel, после чего производилось их переопределение в такой же последовательности 20 раз (табл.). На этом же этапе аналогичным образом регистрировались параметры, полученные при исследовании детей других возрастных и клинических групп. Далее оценивалась достоверность полученных показателей.

Во втором этапе проводилось определение вышеописанных параметров, но при помощи автоматизированной системы оценки. Основное отличие в том, что у ребенка необходимые точки отмечались не маркером, а светоотражающим материалом.

Программное обеспечение создано таким образом, что необходимые точки распознавались в автоматическом режиме (исследования проводились с помощью диагностического комплекса «Скрининг-оценка ОДС», разработанного в научно-производственном отделе Центрально-Черноземного научного центра Российской академии медицинских наук). Полученным результатом являлся не ряд значений, а один параметр без вариантов, вне зависимости от возрастной и клинической группы.

На третьем этапе проводилось сравнение данных ручного и автоматизированного методов.

Результаты и их обсуждение

Анализ данных первого этапа показал, что вне зависимости от выраженности патологии во всех возрастных

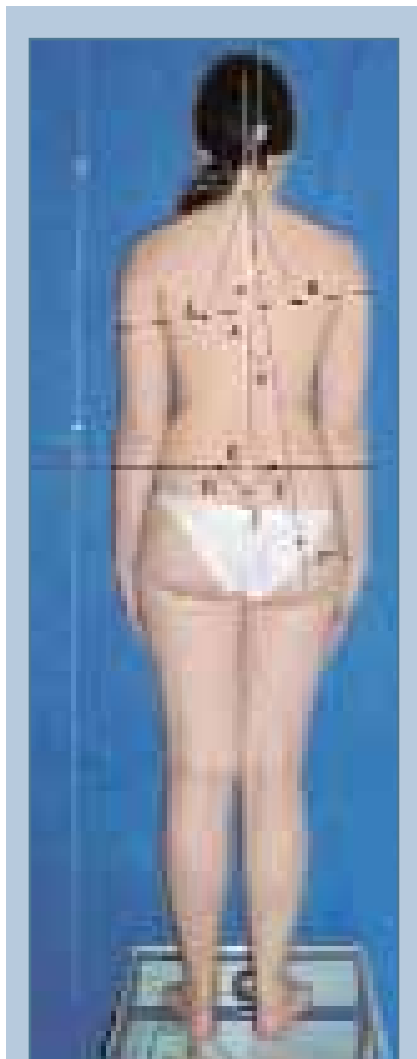


Рис. 2

Пациент с автоматической разметкой

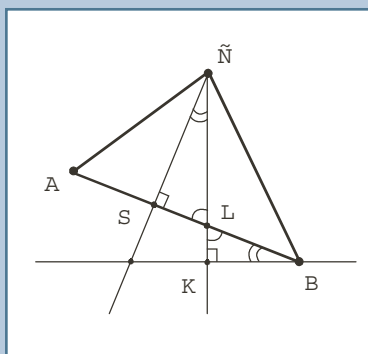


Рис. 3

Параметры, характеризующие положение позвоночного столба: $\Delta SCL \sim \Delta LKB$, так как $CSL = LKB = 90^\circ$, $SLC = FLB$ (как углы между пересекающимися прямыми), следовательно $\alpha = LKB$

Таблица

Результаты измерений угловых и производных от угловых параметров, полученных вручную с помощью манипулятора «мышь»

Номер измерения	СОП	УНПП	УНТП	ВИП	НИП	УООТ
1	5,89	3,29	2,61	0,59	1,26	-0,77
2	5,99	1,42	4,57	0,68	1,05	-0,77
3	5,23	2,69	2,53	0,65	1,25	-0,52
4	5,52	0,80	4,72	0,77	1,05	-0,53
5	4,05	1,45	2,61	0,68	1,20	-0,78
6	4,72	0,14	4,57	0,84	1,19	-0,52
7	4,11	1,42	2,69	0,65	1,25	-1,02
8	5,19	2,66	2,53	0,58	1,69	-1,01
9	6,15	1,42	4,72	0,73	1,09	-0,77
10	3,39	0,79	2,61	0,72	1,37	-1,28
11	5,09	0,79	4,30	0,80	1,15	-0,51
12	6,63	2,06	4,57	0,67	1,09	-0,52
13	3,30	-1,13	4,43	0,82	1,05	-0,78
14	9,26	2,66	6,60	0,63	1,14	-1,26
15	6,15	1,42	4,72	0,72	1,09	-0,52
16	6,75	2,03	4,72	0,62	1,20	-1,02
17	2,05	-0,49	2,53	0,88	1,38	-0,77
18	3,32	0,79	2,53	0,76	1,19	-0,52
19	6,66	2,09	4,57	0,74	1,00	-0,27
20	7,66	1,47	6,20	0,67	0,96	-0,76

СОП — совокупное отклонение плечевого и тазового поясов во фронтальной плоскости; УНПП — угол наклона плечевого пояса во фронтальной плоскости; УНТП — угол наклона тазового пояса во фронтальной плоскости; ВИП — верхний индекс площади; НИП — нижний индекс площади; УООТ — угол отклонения оси туловища от отвеса.

группах выявился значительный разброс угловых коэффициентов, в то время как индексы площадей оказались более стабильны. У детей младшей возрастной группы с невыраженными отклонениями позвоночника разброс параметров достоверно различен ($p < 0,05$), в отличие от параметров у детей старшей возрастной группы со значительными отклонениями позвоночного столба во фронтальной плоскости.

Вышеизложенное позволяет говорить о том, что данные, полученные неавтоматизированным методом, являются недостоверными для детей младшей возрастной группы с невыраженной деформацией позвоночника. Это связано с отсутствием как необходимой для исследований такого рода разрешающей способности монитора компьютера, так и достаточ-

ной чувствительности ручного манипулятора «мышь». Значительный разброс параметров у детей младшей возрастной группы объясняется тем, что при малых расстояниях между точками определения даже незначительные отклонения при их обозначении манипулятором дают заметный разброс угловых параметров, являющихся абсолютными. Это приводит как к ложноположительным, так и к ложноотрицательным результатам скрининг-оценки.

Анализ данных второго этапа показал, что значения, полученные при помощи автоматизированного метода, численно совпадают со средними значениями показателей, полученными при помощи ручного метода.

Возникает вопрос, как адаптировать метод к скринингу всех возрастных групп так, чтобы он имел доста-

точную чувствительность и высокую производительность? Нами предложено два варианта. Во-первых, использовать оценку не самих угловых показателей, а отношение их производных. В качестве производного абсолютной величины – угла – использована площадь треугольника, образованного этим углом. Такими показателями являются индексы площадей плечевого и тазового поясов. В норме их значения равны единице, так как площади треугольников, образованных при проведении перпендикуляра из точки С к АВ и из точки F к DE для ВИП и НИП соответственно (перпендикуляр для данных треугольников будет являться общей стороной и высотой), должны быть равны.

В результате проведенных исследований было показано, что производные абсолютных величин являются показателями, достоверными для всех возрастных и клинических групп ($p < 0,05$).

Нами введена новая диагностическая компонента, характеризующая торсию позвоночника. Как говорилось выше, в норме индекс площади равен 1. Сумма индексов площадей соответственно равна 2 (ВИП и НИП). Подобное суммарное соотношение будет сохраняться не только в норме, но и при компенсаторных взаимодействиях грудного и поясничного отделов. Срыв компенсации приводит к изменению этих взаимоотношений. В этом случае изменяется индекс площадей и их суммарное значение. Увеличение индекса площади (более 1,2) и суммы индексов площадей (более 2,2) свидетельствует о появлении торсии вправо. Уменьшение индекса площади (менее 0,8) и суммы индексов площадей (менее 1,8) свидетельствует о появлении торсии влево.

Таким образом, значение индекса площади и суммарное значение индексов площадей являются важными диагностическими показателями, позволяющими определить начало торсионных деформаций позвоночника.

Для подтверждения диагностической значимости полученных показателей проведен сравнительный ана-

лиз данных рентгенографических исследований и показателей индексов площадей, полученных с помощью компьютерной фотометрии. В группе детей (16 человек) с углом отклонения позвоночника на рентгенограмме 3–9° отклонение индекса площадей от единицы не превысило 20 % и находилось в границах 0,8–1,0. В группе (20 человек) с углом отклонения позвоночника на рентгенограмме 15–47° отклонение индекса площадей от единицы превысило 60 %. Полученные данные позволяют сделать вывод, что значения индекса площади от 0,8 до 1,2 характеризуют состояние нормы или нарушения осанки. Значения менее 0,8 и более 1,2 позволяют говорить о структурных изменениях в позвоночнике.

Статистические исследования выявили достоверность одного из угловых показателей – УООТ от отвеса. Данный показатель является не только количественным, но и качественным, так как отражает компенсаторную способность организма. Его появление и величина указывают на наличие декомпенсации деформации позвоночника во фронтальной плоскости и определяют ее степень. Даже при выраженных деформациях позвоночника при наличии компенсированного процесса проекция общего центра масс тела приходится на се-

рдину опоры. Другими словами, линия, соединяющая проекцию остистого отростка С7 и вершину межъягодичной борозды, должна совпадать с отвесом. Отклонение этой линии от вертикали означает начало срыва компенсации. Таким образом, данный угловой показатель можно использовать как маркер степени компенсации фронтальной деформации позвоночника, а следовательно, появляется возможность прогнозировать процесс развития ОДС ребенка.

Кроме того, чтобы исключить разметку туловища на фотографии, необходимо унифицировать разметку непосредственно на теле ребенка. Светоотражающие маркеры, которые наносятся на четко и однозначно определяемые анатомические образования тела ребенка, по нашему мнению, являются наиболее приемлемыми. Программное обеспечение позволяет автоматически произвести расчеты, что значительно сокращает время обработки полученных данных.

Предложенный способ оценки степени отклонения позвоночного столба во фронтальной плоскости не дает возможности двойственного толкования полученных данных из-за отсутствия разброса показателей, кроме того, данный способ производительнее и не требует высокой профессиональной подготовки исследо-

вателя, что делает его оптимальным для проведения скрининг-оценки состояния ОДС детей в рамках программ массовых профилактических осмотров.

Выводы

1. При оценке состояния ОДС в рамках профилактических осмотров детского населения с применением метода фотометрии использование соотношения производных угловых показателей фронтальной девиации позвоночного столба наиболее оптимально.
2. Абсолютные угловые показатели при определении невыраженных девиаций во фронтальной плоскости, особенно у детей младшего возраста, имеют значительное среднее отклонение, что ставит под сомнение их достоверность.
3. Значения индексов площадей являются важными диагностическими показателями, позволяющими определить начало торсионных деформаций позвоночника.
4. Наибольшей чувствительностью обладает способ разметки тела ребенка светоотражающими маркерами с последующей автоматической оценкой полученных данных.

Литература

1. Абальмасова Е.А., Ходжаев Р.Р. Сколиоз: этиология, патогенез. Ташкент, 1995.
2. Брегг П.С., Нордмарк Р. Позвоночник – ключ к здоровью. СПб., 2000.
3. Ингельхайм Ф.А. Антигомотоксическая терапия заболеваний позвоночника // Биологическая медицина. 1996. № 1. С. 51–54.
4. Пахомов И.А., Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г. и др. Перспективы использования метода компьютерной оптической топографии для диагностики повреждений и заболеваний стоп // «Биомедирибор-2000»: Тез. докл. международной конференции по биомедицинскому приборостроению. М., 2000. Т. 1. С. 71–75.
5. Поздникин Ю.И., Мирзоева И.И., Соловьева К.С. Повреждения и заболевания опорно-двигательного аппарата у детей. СПб., 2000.
6. Садовой М.А., Трегубова И.Л., Садовая Т.Н. Теоретические и прикладные аспекты выявления заболеваний позвоночника // О реализации программы «Здоровая семья»: Тез. докл. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1996. С. 28–31.
7. Садовой М.А., Фомичев Н.Г., Сарнадский В.Н. Автоматизированный скрининг и мониторинг деформаций позвоночника у детей // VI Всероссийский съезд травматол.-ортопедов: Тез. докл. Нижний Новгород, 1997. С. 754.
8. 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.
9. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г., Вильбергер С.Я. Диагностика деформации позвоночника и нарушений осанки у детей и подростков методом компьютерной оптической топографии // Известия ТРТУ / Медицинские информационные системы – МИС-2000: Тез. докл. науч.-техн. конф. Таганрог, 2000. № 4 (18). С. 65–69.
10. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г., Вильбергер С.Я. Компьютерная оптическая топография – новый объективный и абсолютно безвредный метод


диагностики состояния опорно-двигательного аппарата // VIII конгресс педиатров России: Тез. докл. М., 2003. С. 316.

11. **Степкина М.А., Жуков С.Ю., Сарнадский В.Н.** Опыт организации проведения массовых осмотров школьников для выявления нарушений осанки и деформации позвоночника с помощью ТОДП // Человек и его здоровье: Тез. докл. VI Российского национального конгресса с международным участием. СПб., 2001. С. 176–177.

12. **Фомичев Н.Г., Садовой М.А., Сарнадский В.Н.** Система раннего скрининга и мониторинга деформаций позвоночника у детей // Проблемы хирургии позвоночника и спинного мозга: Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию Новосибирского НИИТО. Новосибирск, 1996. С. 145–146.
13. **Хвисяк Н.И., Корж Н.А., Маковоз Е.М.** Вертебрология: проблемы и перспективы // Ортопед, травматол. и протезир. 1987. № 10.

Адрес для переписки:

Репалова Наталья Владимировна
305048, Курск, ул. К. Воробьева, 19, кв. 33,
lola1975@inbox.ru



БЕЗ РЕНТГЕНА

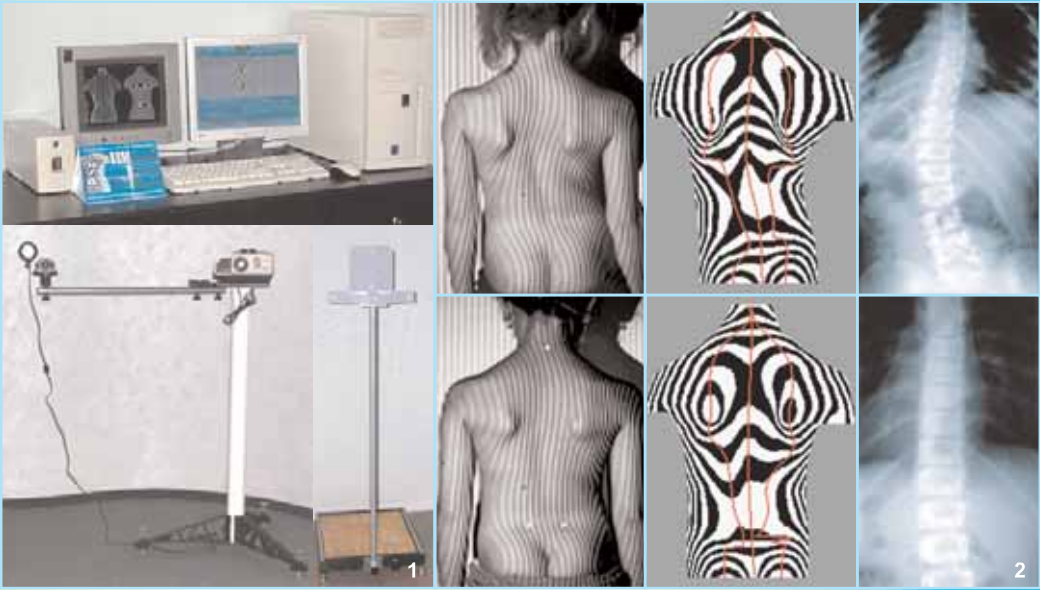
Диагностика деформации позвоночника на компьютерном оптическом топографе ТОДП
АБСОЛЮТНО БЕЗВРЕДНО, БЫСТРО, ТОЧНО, ОБЪЕКТИВНО И НАГЛЯДНО

Принцип действия

Бесконтактное восстановление трехмерной модели туловища пациентов с получением количественных оценок состояния осанки и формы позвоночника в трех плоскостях, включая топографический аналог угла по Cobb.

Область применения

- скрининг-диагностика детей и подростков;
- мониторинг состояния, оценка эффективности лечения больных с патологией позвоночника.



11 лет
клинической
практики

Внешний вид составных частей ТОДП (1). Топографические и рентгенологические результаты обследования больной идиопатическим сколиозом до и после лечения (2).

Медицинское изделие ТОДП (сертификат № РОСС RU.АЯ79.В54560) выпускается по лицензии Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № 99-03-000002 разработчиком и производителем ООО "МЕТОС" и поставлено в 85 ЛПУ России

630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ООО "МЕТОС", тел./факс: (3832) 111-552, <http://www.metos.org>, email: metos@online.nsk.su