

© Коллектив авторов, 2015

СКРИНИНГОВАЯ ДИАГНОСТИКА СКОЛИОЗА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ СТАБИЛОМЕТРИИ

О.Д. Давыдов, А.И. Монтиле, Ю.В. Марчук, А.А. Монтиле

ГБУЗ СО детская клиническая больница восстановительного лечения
«Научно-практический центр «Бонум», Екатеринбург, РФ

Обследовано 47 молодых людей в возрасте 18–20 лет, из них 11 человек с диагностированным идиопатическим сколиозом I и II степени (группа «сколиоз») и 36 человек без ортопедической и неврологической патологии (группа «норма»). Использован метод компьютерной стабилометрии. Получены функциональные зависимости, характеризующие распределение скоростей движения центра давления стоп на поверхности опоры во фронтальной плоскости, отличающиеся параметрически у обследуемых обеих групп. Выявлен диагностический признак — количество интервалов движения с постоянными скоростями длительностью 0,02 с, позволяющий отнести обследуемого к группе риска по сколиозу. Клиническая апробация способа диагностики проведена в двух группах детей (по 12 человек) в возрасте 7–8 лет: в группе «сколиоз-контроль» у детей с клинически подтвержденным диагнозом идиопатического сколиоза I и II степени и в группе «норма-контроль» у детей без ортопедической патологии. Чувствительность метода составила 92%. Разработанная методика может быть рекомендована как скрининговая для выявления детей группы риска с начальными степенями сколиоза.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, компьютерная стабилометрия, скрининговая диагностика, группа риска.

Screening Diagnosis for Scoliosis using Computed Stabilometry

O.D. Davydov, A.I. Montile, Yu.V. Marchuk, A.A. Montile

Scientific Practical Center «Bonum», Ekaterinburg, Russia

Forty seven young patients aged 18–20 years were examined; 11 patients with I and II stages of idiopathic scoliosis (group «scoliosis») and 36 individuals with neither orthopaedic nor neurologic pathology (group «norm»). Method of computed stabilometry was used. Functional dependences that characterized distribution of the rates of feet pressure center on the supporting surface in frontal plane which differed parametrically in representatives of both groups were obtained. A diagnostic parameter, i.e. the number of movement intervals with constant velocity of 0.02 s., that enabled to consider a person to be at-risk group, was identified. Clinical testing of diagnostic technique was performed in 2 groups of children (12 in each group) aged 7–8 years: group «scoliosis-control» included patients with clinically confirmed I and II stage idiopathic scoliosis, group «norm-control» — children without orthopaedic pathology. Sensitivity of the method made up 92%. Elaborated technique can be recommended as a screening diagnosis for identification of at-risk children with initial stages of scoliosis.

Key words: idiopathic scoliosis, computed stabilometry, screening diagnosis, risk group.

Сколиоз является распространенным ортопедическим заболеванием, занимающим одно из первых мест в структуре патологий детского и подросткового возраста. Частота его встречаемости, по данным различных авторов, достигает 10% [1]. Клинико-рентгенологическая картина, течение и исход сколиотических деформаций хорошо изучены [2, 3]. Последние четыре десятилетия ознаменовались значительным прогрессом в хирургическом лечении сколиозов [4]. Однако, несмотря на явные успехи, сколиотическая болезнь продолжает оставаться одной из наиболее сложных проблем современной ортопедии. Так, до конца не изучены этиология и патогенез, в частности, самой распространенной формы — идиопатического сколиоза, поэтому отсутствуют этиопатогенетические способы

лечения. Тем не менее очевидно, что ранняя диагностика, профилактика и систематическое консервативное лечение данного заболевания позволяют снизить риск развития грубых деформаций позвоночника [4, 5].

Раннее выявление нарушений осанки или формирующихся сколиотических деформаций возможно при проведении массовых скрининговых обследований. При этом, в соответствии с современными представлениями, скрининговый метод должен отвечать ряду требований: быть неинвазивным, обеспечивать объективную регистрацию симптомов, количественную и качественную оценку степени проявления функциональных отклонений, максимально возможную скорость диагностического процесса [6]. В насто-

ящее время разработаны и предложены для массового внедрения методики и скрининговые системы, предназначенные для визуального выявления деформаций позвоночника, такие как муровая топография [7], растровая стереография [8] и др. С этой целью успешно используется метод компьютерно-оптической топографии (КОМОТ), разработанный в Новосибирском НИИТО [9]. Применение вышеперечисленных методик позволяет выявить уже обозначившиеся деформации позвоночника, но требует высокой квалификации медицинского персонала и наличие специализированных аппаратно-программных комплексов. Представляется целесообразным разработать методику предварительного формирования групп риска по сколиозу с «отсевом» заведомо здоровых лиц, которая может быть реализована врачом общей практики или средним медперсоналом в ходе диспансерного обследования детей и подростков. Таким образом, будет уменьшен поток пациентов, направляемых к ортопедам, использующим более тонкие и специализированные методики для уточнения диагноза.

Широко известны биомеханические методы диагностики функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата, в том числе с применением компьютерной стабилотрии [1, 10, 11]. Используются базовые и векторные показатели движения центра давления тела пациента на стабилотрической платформе, такие как смещение во фронтальной и сагиттальной плоскостях, площадь статокинезиограммы, скорость перемещения и др. Все они неспецифичны для рассматриваемой патологии, поскольку, позволяя определить наличие и степень выраженности статодинамических нарушений у пациента, не информативны с точки зрения выявления их причин.

Нами на протяжении последних лет ведется разработка нового способа анализа стабилотрических сигналов, учитывающего индивидуальные особенности патологического процесса у каждого пациента, с целью повышения эффективности диагностики и дифференциальной диагностики функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата. В результате проведенных исследований определен набор новых признаков, позволяющий преодолеть недостатки, обусловленные применением базовых статистических и векторных стабилотрических показателей [12].

Полученные при клинической апробации результаты показали высокую информативность разработанной системы показателей и эффективности способа их использования для диагностики и дифференциальной диагностики ряда заболеваний: посттравматического остеоартроза голеностопного и таранно-пяточного суставов, плоскостопия, детского церебрального паралича, сенситивной атаксии при полинейропатии и др. Учитывая актуальность ранней диагностики сколиотической болезни, разработан метод обработки результатов ста-

билотрических тестов, основанный на новой системе показателей.

Цель исследования: разработать способ скрининговой диагностики начальных степеней (I–II) сколиоза с использованием компьютерной стабилотрии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 47 человек в возрасте от 18 до 20 лет. Из них 11 пациентов с идиопатическим сколиозом I и II степени, верифицированным рентгенологически, вошли в группу «сколиоз», а 36 человек без ортопедической и неврологической патологии составили группу «норма».

Клиническая апробация разработанного способа скрининговой диагностики сколиоза проведена в двух группах детей в возрасте 7–8 лет. Первую группу «сколиоз-контроль» составили 12 детей с диагнозом идиопатический сколиоз, из них 10 — I степени, 2 — II степени. Во вторую группу «норма-контроль» вошло 12 детей без патологии.

Стабилотрическое исследование проведено на компьютерном стабилотрическом анализаторе Стабилан-01 (ЗАО «ОКБ «Ритм», Таганрог). Испытуемый должен был в течение 20 с стоять неподвижно с открытыми глазами, сохраняя естественную непринужденную позу. Для того чтобы не отвлекаться на посторонние сигналы, испытуемый фиксировал взгляд на меняющиеся по цвету кружки на экране монитора, установленного на уровне глаз на расстоянии 2 м, и считал количество кругов белого цвета. Для повышения достоверности получаемых данных каждому обследованному было проведено по три аналогичных теста с перерывом в 5 мин.

По выборкам стабилотрических данных каждого обследуемого для фронтальной и сагиттальной координаты перемещения центра давления были выделены интервалы движения с постоянной скоростью и определены: длительность каждого интервала (Δt_i) и скорость на нем (V_i), а также число интервалов с различными длительностями и скоростями. Результаты были экспортированы в программу обработки биометрических данных «Радикал», с помощью которой были построены диаграммы рассеяния ($\Delta t_i, V_i$) и в программу Statistica v.6.0, в которой были получены гистограммы, характеризующие распределения интервалов ($\Delta t_i, V_i$). Поскольку форма и параметры диаграмм и гистограмм для сагиттальной координаты в группах «сколиоз» и «норма» не отличались, то в дальнейшем использовали только данные для фронтальной координаты. Были выделены интервалы неизменного движения минимальной длительностью $\Delta t = 0,02$ с, которые упорядочивались по возрастанию скорости, нормировались на максимальные положительные (вектор скорости направлен вправо) и отрицательные (вектор скорости направлен влево) значения и центрировались по нулевой скорости. Нормирование позволяет учитывать различия в степени развитости мышечного аппарата и явля-

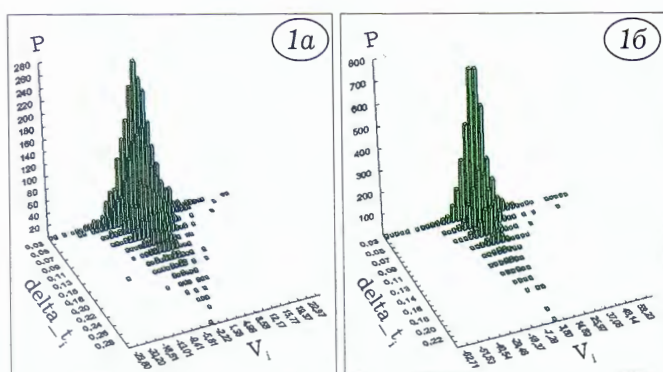


Рис.1. Гистограммы интервалов (Δt_i , V_i) для обследуемых из группы «норма» (а) и группы «сколиоз» (б). Δt_i — длительность интервала непрерывного движения (в с), V_i — скорость движения (в мм/с), P — количество интервалов (в абсолютных значениях).

Рис. 2. Графики распределения скоростей движения, упорядоченных по возрастанию.

Здесь и на рис. 3–6 ось абсцисс — нормированная скорость, ординат — количество интервалов отклонения влево и вправо от центра. Зеленый тренд — норма, красный — сколиоз.

Рис. 3. Зоны «нормы» и риска по сколиозу.

Рис. 4. Результаты тестирования группы «сколиоз-контроль» (а) и группы «норма-контроль» (б).

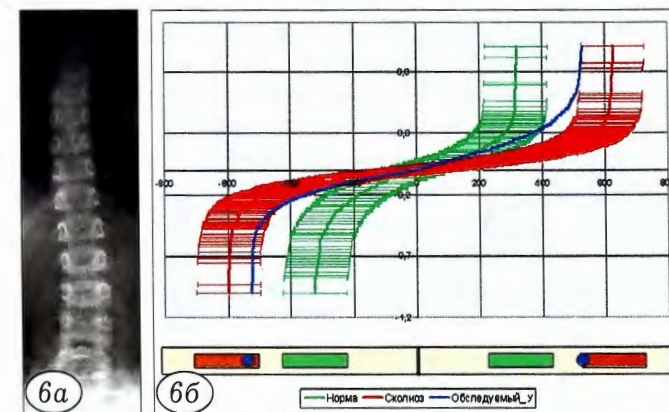
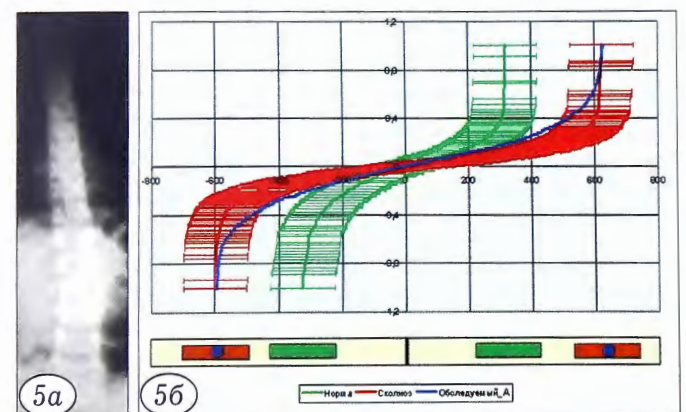
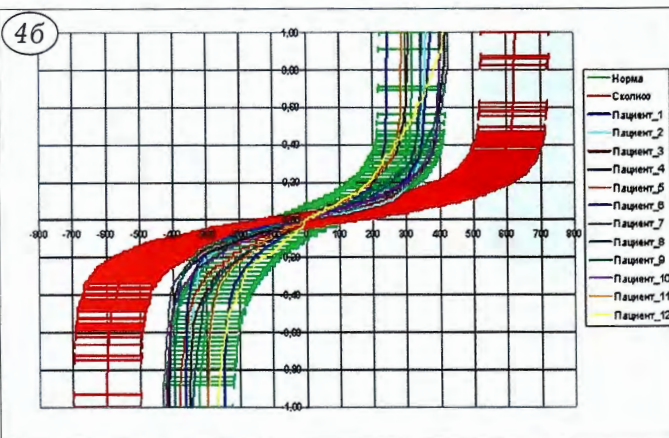
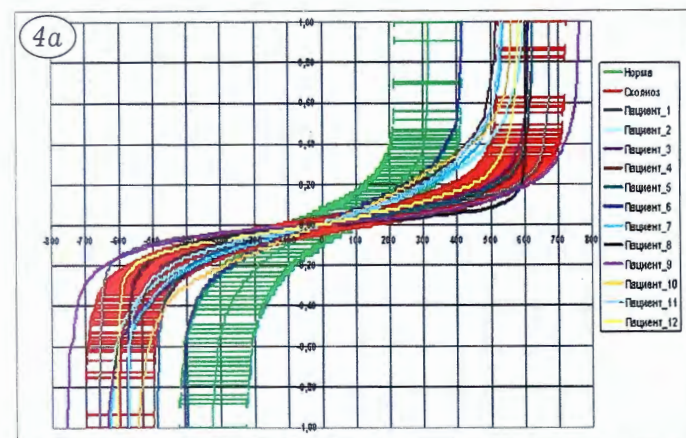
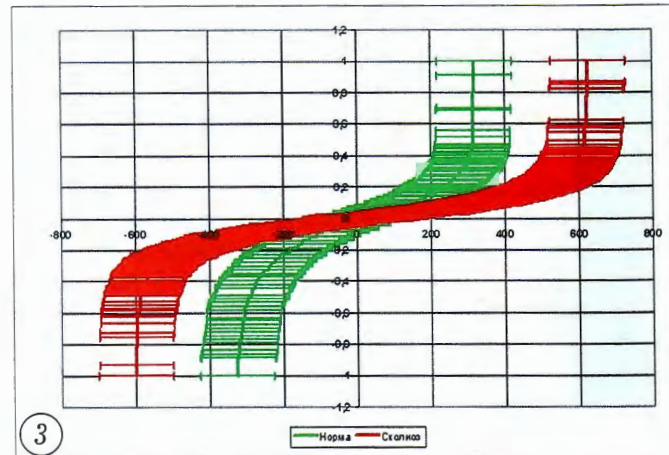
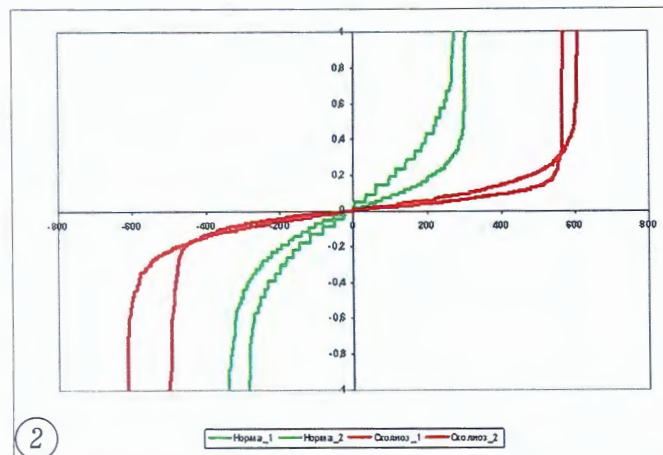


Рис. 5. Рентгенограмма (а) и пример тестирования (б) пациента П., 6 лет с левосторонним идиопатическим сколиозом груднопоясничного отдела позвоночника II степени (угол Кобба 15°).

Рис. 6. Рентгенограмма (а) и пример тестирования (б) пациента Г., 7 лет с правосторонним идиопатическим сколиозом груднопоясничного отдела позвоночника I степени (угол Кобба 10°).

ется необходимым, в частности, при обработке данных обследуемых различных возрастных групп.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Примеры типичных гистограмм, характеризующих распределение интервалов (Δt_i , V_i) для обследованных групп «норма» и «сколиоз», приведены на рис. 1. Отчетливо видно уменьшение количества интервалов большой длительности, увеличение частоты появления интервалов малой длительности при одновременном расширении диапазона скоростей интервалов и вытягивании вверх имеющих колоколообразный вид сечений для фиксированных длительностей интервалов на гистограмме обследуемого из группы «сколиоз» по сравнению с гистограммой здорового.

Учитывая, что наибольшие изменения фиксировались при длительности интервалов Δt 0,02 с, далее рассматривали диапазоны неизменного движения такой длительности.

Полученные для Δt 0,02 с функциональные зависимости, характеризующие распределение скоростей движения, упорядоченные по возрасту, соответствовали виду кривых, характерных для устойчивого удержания равновесия по любому признаку у биологических объектов, но отличались параметрически в группах «норма» и «сколиоз». На рис. 2 представлены примеры кривых для двух типичных представителей каждой группы. Количеству интервалов фиксированной длительности, но с разными скоростями, определяемому для каждой стабилотграммы, соответствует проекция части кривой на ось абсцисс, т.е. длина соответствующего отрезка. Поэтому общее количество интервалов при перемещениях вправо либо влево — это расстояние по оси абсцисс от нуля до максимальной нормированной скорости, зафиксированной для обследуемого, т.е. до крайней правой либо левой точки отдельной кривой. По результатам статистической обработки всех данных были выделены зоны нормы и зоны риска для сколиоза относительно кривых удержания равновесия (рис. 3).

Учитывая неполное перекрытие зон, можно заключить, что кривая произвольно выбранного обследуемого будет принадлежать одной из выделенных зон либо частично находиться в области неопределенности, наличие которой обусловлено высокими требованиями статистической достоверности различия. Сечения зон по оси нормированных скоростей на уровне максимальных положительных (перемещение вправо) и отрицательных (перемещение влево) нормированных скоростей не перекрываются. Таким образом, в качестве диагностического признака для отнесения обследуемого к группе риска по сколиозу достаточно использовать величины отклонений влево и вправо от середины отрезка с нулевыми значениями скорости до крайних точек с максимальными нормированными скоростями. При визуализации про-

стейшим признаком является попадание либо не попадание проекции концевых точек кривой в отрезки, соответствующие вышеопределенным сечениям зон «нормы» и «риска».

Результаты апробации способа скрининговой диагностики начальных степеней идиопатического сколиоза у детей 7–8 лет в группах «сколиоз-контроль» и «норма-контроль» проиллюстрированы рис. 4. Сколиоз был точно диагностирован у 11 детей, в 1 случае получен ложноотрицательный результат. У 11 детей без признаков патологии при визуальной индикации констатируется попадание нормированных скоростей в соответствующую зону нормы, в 1 случае отмечен незначительный выход за ее границы.

По результатам проведенного исследования получен диагностический признак, позволяющий отнести обследуемого к группе риска по сколиозу — количество интервалов движения с постоянными скоростями длительностью Δt 0,02 с. Этот признак характерен только для фронтальной стабилотграммы, определяющей перемещение центра давления стоп на опорной поверхности в боковых направлениях (движения вправо–влево).

У обследуемых из группы «норма» количество интервалов для положительных (вправо) и отрицательных (влево) перемещений по отдельности по всем, полученным на настоящий момент, данным клинической апробации изменяется в диапазоне от 211 до 448; для идиопатического слабо выраженного сколиоза — от 498 до 732. Границы диапазонов, в которые попадают 95% наблюдений, рассчитанные по стандартной формуле $\text{Mean} \pm 1,96 \cdot \text{SD}$ (Mean — выборочное среднее, SD — стандартное отклонение) и округленные до целых кратных 5 значений, составляют от 215 до 415 интервалов для «нормы» и от 500 до 700 интервалов для слабо выраженного сколиоза. С учетом особенностей формирования групп риска, а именно необходимости увеличения чувствительности за счет возможного снижения специфичности, при округлении диапазон группы риска расширялся, а диапазон «нормы», наоборот, сужался. Чувствительность и специфичность, рассчитанные по стандартной методике для округленных диапазонов и числовых данных, равняются для базовых групп «сколиоз» и «норма» 0,91 и 0,86 соответственно. Для двух групп детей «сколиоз-контроль» и «норма-контроль» в возрасте 7–8 лет чувствительность и специфичность метода составили соответственно 0,92 и 0,92.

На рис. 5 представлены рентгенограмма и типичные результаты стабилотметрического тестирования с визуальной индикацией, четко позволяющей отнести пациента к группе «сколиоз».

На рис. 6 представлены данные самого сложного из обследованных пациентов. Для отрицательных интервалов Δt 0,02 с, характеризующих перемещение центра давления стоп на опорной поверхности стабилотметрической платформы вле-

во, отмечено попадание в визуальную область индикации принадлежности к «сколиозу». А для положительных интервалов, связанных с перемещениями центра давления стоп вправо, маркер оказался расположенным на границе зоны «сколиоз».

При анализе причин единичного случая ложноотрицательной диагностики в младшей возрастной группе выявлено, что у ребенка имеется осложненный акушерский анамнез. С диагнозом резидуального поражения центральной нервной системы с формированием синдрома гиперактивности и дефицита внимания пациент с раннего возраста находится на диспансерном наблюдении у педиатра и детского невролога. Учитывая это обстоятельство, можно предположить, что изначально ортопедический диагноз был поставлен неверно и в данном случае сколиоз не является идиопатическим, а относится к группе нейрогенных сколиозов, которым присущи иные патогенетические характеристики и функциональные нарушения, что требует дальнейшего изучения.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований выявлены специфические для сколиоза изменения формы гистограммы, характеризующей частоту появления интервалов движения с постоянными скоростями при перемещении центра давления стоп на стабилметрической платформе во фронтальной плоскости.

2. На основании анализа кривых распределения интервалов различных длительностей, упорядоченных по возрастанию скоростей, обнаружена зависимость между количеством интервалов с различными скоростями для длительности 0,02 с и особенностями динамических процессов при удержании равновесия в вертикальной позе, характерная для обследуемых с идиопатическим сколиозом I–II степени.

3. Найден признак — количество интервалов движения с постоянными скоростями длительностью 0,02 с, позволяющий определять принадлежность обследуемого к группе риска по сколиозу.

4. Разработана методика скрининговой диагностики начальных степеней сколиоза с использованием данного признака, которая не требует приобретения дорогостоящих аппаратных комплексов и позволяет формировать группы риска по сколиозу врачам общей практики или среднему медицинскому персоналу для дальнейшего направления этих пациентов профильным специалистам.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. *Лейн Г.А., Гусев М.Г.* Комплексное биомеханическое обследование детей с начальными степенями идиопатического сколиоза. Хирургия позвоночника. 2007; 4:

53–7 [*Lein G.A., Gusev M.G.* Comprehensive biomechanical examination of children with initial stages of idiopathic scoliosis. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2007; 4: 53–7 (in Russian)].

2. *Казьмин А.И., Кон И.И., Бельский В.Е.* Сколиоз. М.: Наука; 2001 [*Kaz'min A.I., Kon I.I., Belen'kiy V.E.* Scoliosis. Moscow: Nauka; 2001 (in Russian)].
3. *Ханаев А.Л., Гладков А.В., Черепанов Е.А.* Диагностика сколиотических деформаций позвоночника по биомеханическим параметрам. Хирургия позвоночника. 2006; 3: 71–5 [*Khanaev A.L., Gladkov A.V., Cherepanov E.A.* Diagnostics of spinal scoliotic deformities by biomechanical parameters. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2006; 3: 99–105 (in Russian)].
4. *Дудин М.Г., Пинчук Д.Ю., Бекшаев С.С., Святогор И.А., Пинчук О.Д., Бумакова С.А. и др.* К вопросу об этиопатогенезе идиопатического сколиоза. Хирургия позвоночника. 2006; 4: 18–25 [*Dudin M.G., Pinchuk D.Yu., Bekshaev S.S., Cvyatogor I.A., Pinchuk O.D., Bumakova S.A., et al.* On etiopathogenesis of idiopathic scoliosis. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2006; 4: 18–25 (in Russian)].
5. *Садовой М.А., Садовая Т.Н., Цыцорина И.А.* Организация оказания специализированной ортопедической помощи детям с деформациями позвоночника. Хирургия позвоночника. 2011; 3: 99–105 [*Sadovoy M.A., Sadovaya T.N., Tsytsorina I.A.* Organization of specialized orthopedic care to children with spinal deformities. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2011; 3: 99–105 (in Russian)].
6. *Садовая Т.Н.* Концепция раннего выявления, лечения и мониторинга деформаций позвоночника у детей. Хирургия позвоночника. 2009; 4: 80–4 [*Sadovaya T.N.* The concept of early detection, treatment, and monitoring of spinal deformities in child. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2009; 4: 80–4 (in Russian)].
7. *Sahlstrand T.* The clinical value of Moire topography in the management of scoliosis. *Spine*. 1986; 11: 409–17.
8. *Stokes I.A., Moreland M.S.* Measurement of the shape of the surface of the back in patients with scoliosis. The standing and forward-bending position. *J. Bone Joint. Surg. Am.* 1987; 69: 203–11.
9. *Сарнадский В.Н., Садовой М.А., Фомичев Н.Г.* Способ компьютерной оптической топографии тела человека и устройство для его осуществления. Евразийский патент № 000111 [*Sarnadskiy V.N., Sadovoy M.A., Fomichyov N.G.* A method for computer optical topography of human body and a device for its implementation. Eurasian Patent No. 000111; 1998 (in Russian)].
10. *Кирпичев И.В., Львов С.Е., Чемоданов В.В.* Клинико-функциональная характеристика различных форм сколиозов у детей. Вестник Ивановской медицинской академии. 2005; 10 (1–2): 63–8 [*Kirpichyov I.V., Lvov S.E., Chemozanov V.V.* Clinical and functional characteristics of various types of scoliosis in children. *Vestnik Ivanovskoy meditsinskoy akademii*. 2005; 10 (1–2): 63–8 (in Russian)].
11. *Скворцов Д.В.* Клинический анализ движений. Стабилометрия. М.: Антидор; 2000 [*Skvortsov D.V.* Clinical analysis of movements. *Stabilometry*. Moscow: Antidor; 2000 (in Russian)].
12. *Давыдов О.Д., Монтиле А.И., Марчук Ю.В., Кузнецова Н.Л.* Способ диагностики функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата. Патент РФ № 2497451; 2013 [*Davydov O.D., Montile A.I., Marchuk Yu.V., Kuznetsova N.L.* Method for the diagnosis of functional disorders of the musculoskeletal system. Patent RF, N 2497451; 2013 (in Russian)].

Сведения об авторах: Давыдов О.Д. — канд. мед. наук, врач-невролог ННЦ «Бонум»; Монтиле А.И. — канд. тех. наук, доцент Уральского государственного лесотехнического университета; Марчук Ю.В. — канд. физ.-мат. наук, начальник информационно-аналитического отдела врач-невролог ННЦ «Бонум»; Монтиле А.А. — младший науч. сотр. Ботанического сада УрО РАН.

Для контактов: Давыдов Олег Дмитриевич. 620142, Екатеринбург, пер. Банковский, д. 7. Тел.: +7 (950) 639–79–14. E-mail: davod09@yandex.ru.