



# КОМПЛЕКСНОЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕЙ С НАЧАЛЬНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА

Г.А. Леин, М.Г. Гусев

Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы  
и реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта

Представлена информация о необходимости комплексной оценки статодинамической функции опорно-двигательного аппарата в целом у пациентов с идиопатическим сколиозом. Дана оценка преимущества и перспективы использования таких методов исследования биомеханики опорно-двигательного аппарата, как оптическая топография, стабилотография, динамоплантография, видеоанализ движения.

**Ключевые слова:** идиопатический сколиоз, статодинамическая функция, биомеханика.

## COMPREHENSIVE BIOMECHANICAL EXAMINATION OF CHILDREN WITH INITIAL STAGES OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS

G.A. Lein, M.G. Gusev

The paper presents the need for a complex assessment of statodynamic function of musculoskeletal system as a whole in patients with idiopathic scoliosis. Advantages and prospects for usage of such techniques for musculoskeletal biomechanics study as optical topography, stabilography, dynamic plantography, and video-based motion analysis are discussed.

**Key Words:** idiopathic scoliosis, statodynamic function, biomechanics.

Hir. Pozvonoc. 2007;(4):53–57.

Сколиоз – одно из наиболее распространенных ортопедических заболеваний детского и подросткового возраста, сопровождающееся значительными нарушениями статодинамической функции. Частота этого заболевания, по данным различных авторов, составляет от 1 до 10 % [1, 4, 5, 7]. Многие вопросы диагностики и лечения сколиозов сегодня воспринимаются врачами как очевидные, хотя знания и технические средства, появившиеся в последние десятилетия, позволяют по-новому взглянуть на некоторые аспекты этой патологии.

В процессе изучения сколиотической деформации разработано множество классификаций как отечественными, так и зарубежными авторами (В.Д. Чаклин, И.А. Мовшович, Н.А. King, L.A. Goldstein, T.R. Waugh), однако в их основе лежат сведения либо о виде анатомических измене-

ний и показателей их выраженности, либо об этиологии заболевания, при этом полностью упускается из внимания характер нарушения статодинамической функции, который в большей степени зависит от индивидуальных компенсаторных возможностей организма. Существующие в настоящее время методики обследования – компьютерная оптическая топография, стабилотография, динамоплантография, видеоанализ движения – позволяют всесторонне изучить изменения биомеханики опорно-двигательного аппарата при различных деформациях позвоночного столба [8, 9, 11, 12]. По отдельности эти методики используются достаточно широко, но изолированно друг от друга они не дают целостной картины нарушения статодинамики, представляя лишь фрагментар-

ное, а потому и неоднозначное трактование регистрируемых показателей.

В процессе развития сколиоза компенсаторное изменение функции отделов опорно-двигательного аппарата (ОДА) играет главенствующую роль в самостабилизации процесса, поэтому принципиально в протекании идиопатического сколиоза (ИС) можно выделить два этапа: функциональной стабилизации, который характеризуется формированием новой статодинамической системы за счет измененной функции отделов ОДА, и структуральной стабилизации, когда происходит фиксация измененной статодинамической системы за счет структурного изменения микро- и макроанатомии элементов позвоночного столба.

У здорового человека во время ходьбы наблюдается трехплоскостное динамическое искривление по-

звоночного столба. В момент фазы опоры на правую ногу в поясничном отделе позвоночника осевой столб приобретает форму согнутой пологой спирали с левым направлением – формируется функциональный левосторонний сколиоз, а при опоре на левую ногу – правосторонний, позвоночный столб меняет форму, преобразуясь в согнутую пологую спираль с правым направлением витков. Такая характеристика формы и функции распространяется на позвоночный столб уровней Th<sub>11</sub>–L<sub>5</sub>. Выше Th<sub>11</sub> в структуре позвоночного столба проявляется влияние стабилизирующей функции плечевого пояса. В системе позвоночных суставов во время локомоторного акта также возникают ротационные движения при опоре на одну ногу, которые, пройдя последовательно снизу вверх поясничные позвонки, встречаются с обратной ротацией грудных позвонков на уровне Th<sub>11</sub>, возникающей как следствие противоположенного движения плечевого пояса. Такой сколиоз квалифицируется как динамический и является одной из важнейших составляющих статодинамической функции [7].

Для выбора тактики лечения пациентов с патологией позвоночника следует четко разделять состояния, связанные с развитием непосредственно ИС и сколиозов как компенсаторных процессов, направленных на стабилизацию первично нарушенного биомеханического статуса в результате дисбаланса постуральной мускулатуры, анатомического укорочения одной из конечностей или других причин. В то же время длительно существующие нарушения биомеханики ОДА могут являться одним из факторов развития ИС или же, формируясь уже при наличии ИС, способствовать прогрессированию деформации [6]. Таким образом, возникают сложные патогенетические цепи взаимодействий нарушения статодинамической функции с компенсаторными реакциями и фиксированным компонентом деформации.

У пациентов с ИС структурные нарушения микро- и макроанатомии элементов позвоночного столба приводят к постоянному смещению общего центра масс в сторону основной дуги искривления и являются прово-

цирующим фактором, влияющим на дальнейшее развитие деформации за счет permanently измененного биомеханического статуса. Итак, на начальных стадиях ИС выражается в формировании первичной дуги ис-

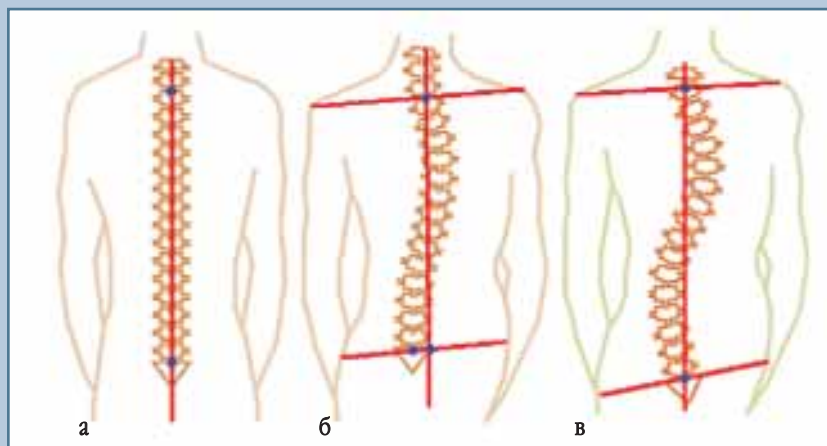


Рис. 1

Проекция вертикальной оси нагружения, проходящей через С7:

- а – у здорового человека;
- б – при некомпенсированном сколиозе;
- в – при компенсированном сколиозе

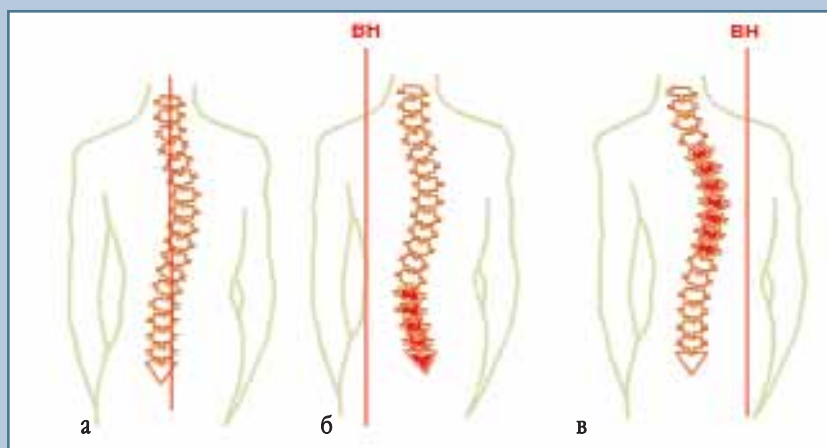


Рис. 2

Изменение конфигурации позвоночника под влиянием вектора вертикальной нагрузки во время ходьбы у пациента с некомпенсированным сколиозом:

- а – начальная конфигурация в статике;
- б – при опоре на левую конечность;
- в – при опоре на правую конечность

кривления, а дальнейшее развитие заболевания состоит из компенсаторной перестройки ОДА, направленной на компенсацию измененного статодинамического статуса (рис. 1). С точки зрения классической ортопедии, ИС считается компенсированным, если у стоящего пациента линия отвеса, вертикально опущенная от остистого отростка С<sub>7</sub> позвонка, проходит по межъягодичной складке. Если отвес отклоняется, то расстояние от него до межъягодичной складки определяют как величину декомпенсации и измеряют в миллиметрах [10]. Однако это не отражает истинные показатели стабильности.

Необходимость обеспечения прямохождения вызывает формирование компенсаторно-адаптационных изменений конфигураций плечевого и тазового пояса, стопы, а при их недостаточности – функциональных, а затем и структурных изменений в соседних отделах позвоночника. Данные процессы усугубляются за счет нарушенной функции ОДА в момент опоры на конечность в сторону, обратную основной дуге искривления. Невозможность достаточного реверсивного сколиотического наклона позвоночника вызывает необходимость формирования подобной конфигурации в других отделах для сохранения балансирующей функции во время ходьбы (рис. 2). Длительное воздействие динамического негативного фактора приводит к развитию структурно-

го компонента деформации в компенсаторной дуге искривления за счет постоянного нарастания изменений микро- и макроанатомии элементов позвоночного столба.

Таким образом, рассматривая динамику развития первичной дуги искривления и компенсаторных реакций организма, можно выделить основные этапы формирования ИС с позиции изменяющейся статодинамической функции (табл. 1).

Основные механизмы компенсации, направленные на стабилизацию смещения центра масс у пациентов с начальными степенями ИС, переменны в проявлениях и зависят от места формирования первичной дуги деформации, скорости ее прогрессирования, индивидуальных особенностей опорно-двигательного аппарата ребенка. Таким образом, развитие компенсаторных реакций приводит к формированию клинически стабильной деформации на фоне нарушенного биомеханического статуса. Деформация считается клинически стабильной, если линия отвеса, проходящая через С<sub>7</sub>, проецируется на середине расстояния между стопами [10]. По нашим предварительным данным, у пациентов данной категории отмечаются усиление амплитуды и частоты основного ритма эквilibрации, появление трендов базовой линии опоры, волн качаний, тремора напряжения.

В большинстве случаев при обследовании больных с начальными фор-

мами ИС используются методы, позволяющие оценить традиционные показатели измененного опорно-двигательного аппарата. При этом практически не учитывается характер измененной статодинамической функции как производной патологического процесса. В реальной жизни все нагрузки в позвоночнике являются динамическими, так как любое участие скелетных мышц придает нагрузкам динамический характер.

Визуальная диагностика начальных форм ИС, основывающаяся на выявлении характерных клинических признаков заболевания, в настоящее время не позволяет с должной степенью достоверности оценить характер течения заболевания и измененный биомеханический статус пациента, поэтому на современном этапе ее можно рассматривать только как упрощенную схему скринингового обследования.

В то же время при выборе тактики лечения начальных форм сколиотической болезни необходимо учитывать взаимосвязанную и взаимозависимую перестройку ОДА в целом (табл. 2). Комплексный учет данных изменений затруднителен при использовании только классических методов исследования – визуального и рентгенологического.

Таким образом, в основе современной оценки состояния опорно-двигательной системы при сколиозе и принятия решения о тактике проводимого лечения должны лежать методы,

**Таблица 1**

Этапы формирования сколиотической деформации с позиции изменяющейся статодинамической функции

Этапы	Статодинамическая функция
Формирование первичной дуги деформации	Мышечный дисбаланс [3]
Функциональная компенсаторная перестройка опорно-двигательной системы	Компенсаторные реакции, направленные на статическую и динамическую стабилизацию смещения общего центра масс в опорной системе
Функциональная стабилизация	Формирование новой статодинамической системы за счет измененной функции отделов опорно-двигательного аппарата
Структурная стабилизация	Изменения статодинамической системы за счет структурной перестройки микро- и макроанатомии элементов позвоночного столба
Прогрессирование деформации и повторение предыдущих трех этапов	Увеличение деформации в период аллометрического роста

позволяющие оценить как количественные характеристики заболевания, так и показатели нарушенной статодинамической функции, связанные с компенсаторной перестройкой ОДА (табл. 3).

Предлагаемые методы исследования позволяют в комплексе оценить биомеханические характеристики заболевания, эффективность проводимого лечения и ортопедического обеспечения, в частности при назна-

чении вкладных изделий или ортезов на туловище, а также при использовании таких симптоматических методов лечения, направленных на устранение вторичных сопутствующих функциональных расстройств, свя-

Таблица 2

Основные механизмы компенсации, направленные на стабилизацию статодинамической функции у пациентов с начальными степенями сколиоза

Отдел опорно-двигательного аппарата	Компенсаторный механизм
Плечевой пояс	Постуральный дисбаланс мышц плечевого пояса
Шейный, грудной, поясничный отделы позвоночника	Сколиотическая конфигурация позвоночника в вышележащем или нижележащем отделах; формирование функциональных блоков в позвоночно-двигательных сегментах; повышение активности мышц на выпуклой стороне деформации; понижение активности мышц на вогнутой стороне деформации
Таз	Формирование функциональных блоков крестцово-подвздошного сочленения, наклон таза в сторону, обратную смещению общего центра масс; уменьшение динамического наклона и торсии таза в сторону смещения общего центра масс; увеличение динамического наклона и торсии таза в сторону, обратную смещению общего центра масс
Нижние конечности	Подгибание в коленном суставе на стороне, обратной смещению общего центра масс; вальгусная постановка стоп; постуральный дисбаланс мышц нижних конечностей

Таблица 3

Методы оценки статодинамической функции опорно-двигательной системы при начальных степенях сколиотической болезни

Метод	Исследуемые процессы	Прогностическое значение
Компьютерная оптическая топография [8]	Угол дуг фронтального искривления; степень компенсаторного перекоса таза; компенсаторная позиция плечевого пояса; ротация сегмента туловища на вершине дуг деформации; скручивание сегментов туловища относительно друг друга; величины лордоза и кифоза и их позиция относительно дуг фронтального искривления; геометрия ромба Михаэлиса	Определение количественных характеристик дуг искривления и выраженности компенсаторных процессов; определение функционального и структурального компонентов фронтальной деформации; определение влияния компенсации перекоса таза на выраженность основных и компенсаторных процессов; дифференциальная диагностика перекосов тазового пояса
Стабилография [9]	Направленность базовой линии опоры в сторону основной или компенсаторной дуги	Определение степени компенсаторной стабилизации деформации; определение влияния компенсации перекоса таза на компенсаторную стабилизацию деформации
Динамоплантография [11]	Динамическое смещение общего центра давления при ходьбе; симметричность и энергомичность шага по данным траектории миграции общего центра давления; анализ данных суммарной нагрузки под стопами	Определение степени статического и динамического смещения центра давления в контуре опоры; определение степени перегрузки конечности на стороне деформации; определение влияния компенсации перекоса таза на выраженность нарушения опорной функции
Видеоанализ движения [12]	Смещение проекции общего центра масс во фронтальной плоскости движения; миграция точек вершины дуг искривлений во фронтальной плоскости; динамическое изменение угла искривления при ходьбе; изменение конфигурации таза и плечевого пояса при ходьбе	Определение линейного смещения общего центра масс и его производных при ходьбе; выделение основных компенсаторных механизмов и их составляющих, направленных на нейтрализацию динамического негативного фактора; определение влияния компенсации перекоса таза на выраженность основных компенсаторных механизмов и их составляющих

занных с формированием функциональных блоков в позвоночно-двигательных сегментах и постурального мышечного дисбаланса, как мануальная терапия, функционально-программируемая стимуляция мышц и искусственная коррекция движений [2].

Четкое выявление компенсаторных реакций и степени их выраженности на основе анализа измененного биомеханического статуса позволяет сформировать более полное представление о механогенезе деформации. Тонкая дифференциальная диагностика саногенных момен-

тов компенсации и декомпенсаторных факторов позволяет принять решение о необходимости использования определенных методов лечения. Следует отметить, что при лечении начальных стадий сколиоза оценка терапии не должна проводиться исключительно постфактум на основе данных о регрессии или стабилизации роста искривления дуг за определенный период времени. Воздействие мануальных методик, индивидуальных ортопедических изделий, лечебной физкультуры на статодинамическую функцию позволяет оценить

вклад данных мероприятий в формирование или коррекцию статодинамики позвоночника и либо избежать негативного влияния, либо подтвердить необходимость их дальнейшего использования. С учетом вышесказанного, считаем целесообразным включить данный комплекс обследования в алгоритм диагностики и контроля эффективности проводимой терапии на этапах лечения.

## Литература

1. Абальмасова Е.А., Левая Л.В. Клинический полиморфизм диспластического сколиоза // Ортопед, травматол. 1978. № 12. С. 1–7.
2. Витензон А.С., Петрушинская К.А., Сворцов Д.В. Руководство по применению метода искусственной коррекции ходьбы и ритмических движений посредством программируемой стимуляции мышц. М., 2005.
3. Дудин М.Г., Пинчук Д.Ю., Бумакова С.А. Особенности биоэлектрической активности мышц спины у детей с идиопатическим сколиозом по данным ЭМГ // Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии. СПб., 2002. С. 124–125.
4. Ишал В.А. К вопросу о возможностях консервативного лечения сколиоза. // Ортопед, травматол. и протезир. 1990. № 3. С. 74–77.
5. Казьмин А.И., Кон И.И., Беленький В.Е. Сколиоз. М., 1981.
6. Мовшович И.А. Сколиоз. Хирургическая анатомия и патогенез. М., 1964.
7. Нечаев В.И. Клинико-анатомические аспекты вертебродисплазии. Математическая морфология. 1997. Т. 3. С. 109–119.
8. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г. Мониторинг деформации позвоночника методом компьютерной оптической топографии. Новосибирск, 2001.
9. Сворцов Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки. Иваново, 1996.
10. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. Вертебродисплазия в терминах, цифрах, рисунках. СПб., 2002.
11. «ДиаСлед». Рег. св-во Росздравнадзора № ФС02010125/1174-05 от 08 февраля 2005 г.
12. Meglan D., Todd F. Kinetics of human locomotion // In: Rose J., Gamble J.G (Eds.). Human Walking. Baltimore, 1994. P. 73–99.

### Адрес для переписки:

Леин Григорий Аркадьевич  
197349, Санкт-Петербург, ул. Маршала  
Новикова, 10, корп. 1, кв. 180,  
grisha@users.mns.ru

Статья поступила в редакцию 26.03.2007