



# КОМПЛЕКСНОЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕЙ С НАЧАЛЬНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА

Г.А. Лein, 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. Даны оценка преимущества и перспективы использования таких методов исследования биомеханики опорно-двигательного аппарата, как оптическая топография, стабилография, 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, H.A. 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, стабилография, 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 противоположного 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 перманентно измененного биомеханического статуса. Итак, на начальных стадиях ИС выражается в формировании первичной дуги ис-

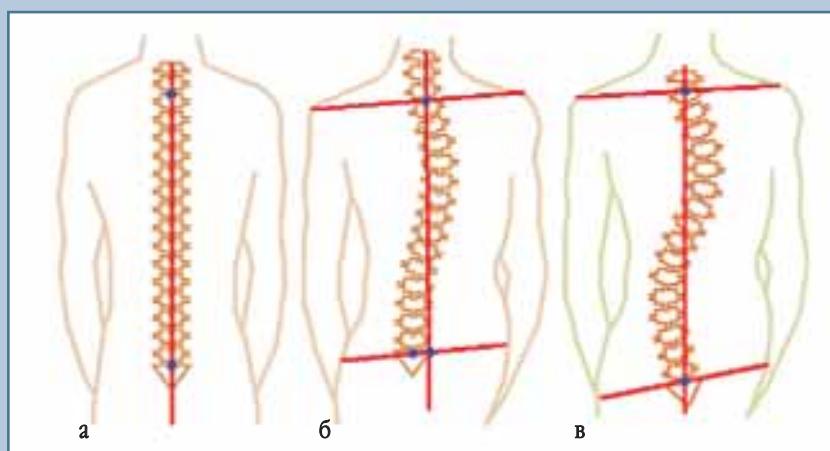


Рис. 1

Проекция вертикальной оси нагрузки, проходящей через C<sub>7</sub>:

а – у здорового человека;

б – при некомпенсированном сколиозе;

в – при компенсированном сколиозе

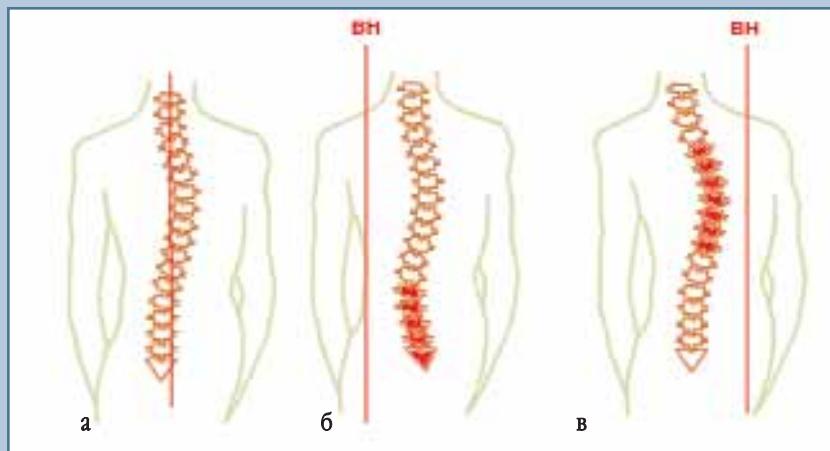


Рис. 2

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  $C_7$  позвонка, проходит по межъядичной складке. Если отвес отклоняется, то расстояние от него до межъядичной складки определяют как величину декомпенсации и измеряют в миллиметрах [10]. Однако это не отражает истинные показатели стабильности.

Необходимость обеспечения прямостояния и 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 балансировочной функции во время ходьбы (рис. 2). Длительное воздействие динамического негативного фактора приводит к развитию структурально-

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, вариабельны 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  $C_7$ , проецируется на середине расстояния между стопами [10]. По нашим предварительным данным, у пациентов данной категории отмечаются усиление амплитуды и частоты основного ритма эквилибрации, появление трендов базовой линии опоры, волн качаний, трепора 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
Структуральная 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 назначении

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 влияние 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., Скворцов 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. Казымин А.И., Кон И.И., Беленский В.Е. Сколиоз. М., 1981.
6. Мовшович И.А. Сколиоз. Хирургическая анатомия и патогенез. М., 1964.
7. Нечаев В.И. Клинико-анатомические аспекты вертебрологии. 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. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки. Иваново, 1996.
10. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. Вертебрология 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