



3D В ВЕРТЕБРАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ: ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ ПЛОСКОСТЬ СПРЯТАНА В КАЖДОЙ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Ж. Дюбуссе

Национальная медицинская академия, Париж, Франция

Главная идея статьи заключается в том, что любая сколиотическая деформация позвоночника — это деформация, в первую очередь, в сагиттальной плоскости. Это положение подтверждается анатомическими, клиническими данными, результатами применения методов визуализации, данными биомеханики. Предлагаемая концепция самым существенным образом влияет на решение стратегических и технических задач в ходе как консервативного, так и хирургического лечения больных сколиозом. Необходимо понимать, что сколиотическая деформация — это компенсаторная реакция внутри цепи баланса на ротационный феномен, происходящий во фронтальной плоскости. Цель врача — добиться баланса тела пациента через понимание его трехмерности и осознание важности учета горизонтальной плоскости.

Ключевые слова: сколиоз, горизонтальная плоскость, торсия, баланс.

Для цитирования: Дюбуссе Ж. 3D в вертебральной патологии: горизонтальная плоскость скрыта в каждой сколиотической деформации // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 2. С. 93–103.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2021.2.93–103>.

THREE-DIMENSIONALITY IN VERTEBRAL PATHOLOGY: THE HORIZONTAL PLANE IS HIDDEN IN EVERY SCOLIOTIC DEFORMITY

J. Dubousset

National Academy of Medicine, Paris, France

The main idea of the paper is that any scoliotic deformity of the spine is a deformity primarily occurring in the sagittal plane. This statement is confirmed by anatomical and clinical data, results of the use of imaging techniques, and biomechanical data. The proposed concept significantly affects the solution of strategic and technical problems in the course of both conservative and surgical treatment of patients with scoliosis. It should be realized that scoliotic deformity is a compensatory response within the balance chain to a rotational phenomenon occurring in the frontal plane. The goal of the doctor is to achieve the balance of the patient's body through understanding its three-dimensionality and realizing the importance of taking into account the horizontal plane.

Key Words: scoliosis, horizontal plane, torsion, balance.

Please cite this paper as: Dubousset J. Three-dimensionality in vertebral pathology: the horizontal plane is hidden in every scoliotic deformity. Hir. Pozvonoc. 2021;18(2):93–103. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2021.2.93–103>.

Несмотря на огромное количество исторических работ и описаний, несмотря на все более частое использование слова «3D-концепция», в большинстве публикаций на любую тему, связанную так или иначе со сколиотической деформацией, их авторы, как и лечащие пациентов хирурги, фокусируют свое внимание на фронтальной, а в последние годы — на сагиттальной плоскости.

Они используют понятие 3D при планировании операции, при описании редукционных манипуляций, при оценке результатов вмешательства, но угол Cobb остается для них золотым стандартом. И создается впечатление, что частично или полностью игнорируется то обстоятельство, что горизонтальная плоскость является, по определению, референсной для любой деформации человеческого позвоночника. Но мы должны понимать, что горизонтальная плоскость для позвоночной деформации — это

не только один из аспектов компьютерной томографии, что именно на нее проецируется (неважно — при взгляде от вершины или от основания) нагромождение позвонков, каждый из которых занимает свою позицию в соответствии с закономерностью формирования этой сложной деформации (рис. 1).

Цель настоящей статьи — объяснить следующее:

1) почему любая (вне зависимости от этиологии) сколиотическая деформация — это деформация в горизонтальной плоскости;

2) каковы оптимальные клинические и визуализационные технологии, помогающие решить обсуждаемую проблему, в том числе с количественной точки зрения;

3) каким образом предлагаемая концепция влияет на выбор стратегических и технических задач при консервативном и хирургическом лечении больных сколиозом;

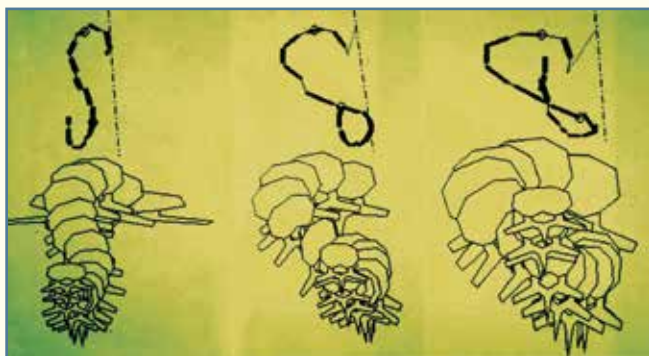


Рис. 1

При взгляде сверху изменения в горизонтальной плоскости очевидны

4) почему эта концепция обеспечивает новый подход к оценке состояния пациента до и после лечения, в том числе количественной – как с точки зрения 3D-визуализации, так и функциональной.

Почему любая (вне зависимости от этиологии) сколиотическая деформация – это деформация в горизонтальной плоскости? Причин для рассмотрения этой концепции немало.

1. Анатомические соображения. Если мы располагаем скелетом сколиотического позвоночника любой этиологии (в вертикальном положении, специфичном для нормального состояния человека), легко определить горизонтальную торсию не только комплекса отдельных позвонков, включенных в общую цепь в соответствии с осью гравитации. Мы отметим поперечное скручивание на уровне каждого позвонка и межпозвонкового диска. Это касается полудужек, поперечных отростков и корней дужек (более тонких на вогнутой стороне деформации и более широких – на выпуклой), а также тел позвонков, если препарат позвоночника принадлежал зрелому индивиду. На это обращали внимание исследователи прошлых столетий, и еще до открытия лучей Рентгена многие авторы описывали или изображали эти находки в своих трудах [1–3]. Необходимо упомянуть тщательное исследование Perdrigle [4], который изучил препарат сколиотического позвоночника и убедительно показал, что длина его вентральной колонны существенно больше, чем дорсальной, что было также продемонстрировано в книге Shaw [1]. Проекция, создаваемая ротацией позвонка в горизонтальной плоскости, показывает, что тень кифоза – в реальности лордотическая позиция одного позвонка относительно другого.

2. Клинические соображения. Клинический диагноз структурального сколиоза базируется на так называемом тесте Adams, демонстрирующем реберный горб (следствие аксиальной ротации позвонков с деформацией ребер) в грудном отделе позвоночника или выпячивание паравертебральных мышц на выпуклой стороне деформации подлежащими поперечными отростками в поясничном отделе.

Разработанный для использования при проведении этого теста сколиометр [5] используется как при диагностике, так и при оценке результата лечения.

Другой клинический тест используется при ранней или поздней диагностике сколиотической болезни (особенно при поясничной локализации дуги). Это так называемый симптом окна, который определяют при осмотре больного спереди, чаще – сзади. Оценивается форма талии пациента в положении стоя (при отсутствии разницы высоты ног) и, соответственно, величина треугольника между внутренней поверхностью свободно свисающей руки и границей тела. При наличии асимметрии правой и левой сторон можно предполагать наличие поясничной сколиотической деформации с трансляцией поясничного отдела в горизонтальной плоскости латерально, кпереди или кзади.

Талантливые люди, такие как братья Ducroquet [6], в 1965 г. подчеркивали важность горизонтальной плоскости после проведения исследований ходьбы пациентов в пределах комнаты, стены которой полностью покрыты зеркалами. Именно в горизонтальной плоскости достигается выравнивание позвоночника и баланс надплечий и таза при ходьбе относительно многоугольника площади опоры – они назвали это тазовым шагом.

Если мы обследуем пациента со сколиозом любой этиологии, ребенка или взрослого, молодого или старого, в положении стоя или сидя, и смотрим на него сверху вниз, мы очень быстро обнаруживаем, что деформация позвоночника всегда имеет горизонтальный компонент, выраженный ярко, или малозаметный, но всегда присутствующий. Это было описано в книге Adams [2] и подтверждено современными исследованиями.

3. Визуализационные подтверждения многочисленны, если не бесконечны. Во-первых, мы должны помнить, что обычная рентгенография – это одноплоскостная проекция (тень) трехмерного объекта. Для сколиоза это особенно типично. Исторически сложилось так, что в начале эры рентгена ограничивались обычно переднезадней проекцией. Латеральная проекция использовалась редко, если для этого были особые показания, например, кифоз Шейерманна. Многие авторы подчеркивали значимость горизонтальной плоскости при исследовании сколиотического позвоночника [7, 8]. Stagnara в 1968 г. [9] предложил и обосновал выбор так называемой плоскости истинной дуги (plan d'election), определяемой путем ротации туловища в горизонтальной плоскости для отображения максимально выраженной деформации, а при ротации в обратном направлении – минимально выраженной. Другие авторы предложили пути измерения ротации. Например, популярный метод Nash и Мое [10], основанный на измерении теней корней дужек на переднезадней спондилограмме. Систематическое использование переднезадней и боковой спондилограмм при сколиозе началось только в конце 70-х гг. XX в. Особый случай представляют собой пациенты с тяжелыми кифосколиозами, описанные нами совместно с Duval-Beaupere в 1972 г. [11]. Это так называемая прогрессирующая ротационная дислокация позвоночника – рота-

ционный кифоз между двумя лордотическими сегментами. Может развиваться на любом уровне, но всегда между двумя лордозами. Если переходный отдел между лордозами содержит несколько сегментов, он принимает форму сифона, если один сегмент – переход становится островершинным. Последняя ситуация часто имеет место при дистрофических (NF-1) или при дегенеративных деформациях у пожилых пациентов.

Это было время, когда я пытался оптимально визуализировать 3D-реальность сколиотического позвоночника, что удалось в ходе исследования «Паралитический перекос таза» с описанием концепции тазового позвонка [12]. Следует помнить, что основной темой Монреальского митинга GES (1979) был идиопатический сколиоз в сагиттальной плоскости, эта тема избрана именно для привлечения внимания к трехмерной природе сколиотической деформации.

Техника измерения аксиальной ротации приобрела высокую степень точности благодаря Perdriolle и его торсиометрическому планшету, в основе метода лежала переднезадняя спондилограмма (рис. 2). В своей книге «Scoliosis a three dimensional deformity» [13] он привлек внимание коллег к методу измерения в горизонтальной плоскости не только основной дуги, где отмечается максимум аксиальной ротации, но также, а может в наибольшей степени, к границе между двумя дугами, где ротация меняет свое направление на противоположное, как это было описано и иллюстрировано в книге Adams почти 100 лет назад. Perdriolle назвал это «специфическая ротация», представив ее как прогностический фактор для группы больных с инфантильными сколиозами, подтверждая таким образом ценность другого прогностического фактора для той же группы пациентов. Имеется в виду описанный Mehta реберно-позвоночный угол, демонстрирующий важность



Рис. 2

Измерение аксиальной ротации с помощью торсиометра Perdriolle

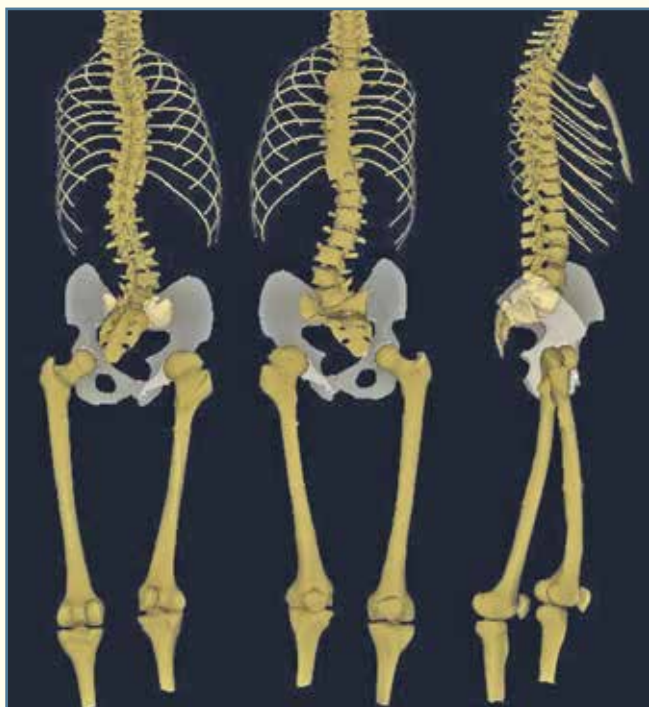
изменений в горизонтальной плоскости для патогенеза и эволюции сколиотической деформации.

Встреча и сотрудничество с Graf, а также с разработчиками математических моделей и программного обеспечения (в первую очередь, с Jerome Hecquet) из Pompidou Center Museum of Modern Arts в Париже в 1977 г. привели к разработке реальной 3D-компьютерной реконструкции сколиотического позвоночника [14] на основе использования двух ортогональных рентгенограмм одного и того же пациента. Даже примитивное линейное изображение по ориентирам на телах позвонков дало возможность убедиться в его трехмерности при взгляде на модель со стороны ее вершины и подтвердило важность изменений, происходящих в горизонтальной плоскости. Следующими этапами была работа с простыми схематическими планарными моделями каждого позвонка, затем с объемными, что позволило постепенно приблизиться к реальным анатомическим препаратам, полученным из трупов сколиотических больных, умерших по различным причинам. Со временем появление и развитие КТ-сканирования позволило оценивать напрямую происходящее в горизонтальной плоскости, хотя и привело сначала к определенной путанице. Речь идет о некотором несоответствии между единичным срезом и реальной картиной, создаваемой нагромождением последовательных срезов всей дуги и всего позвоночника. Однако подобный подход был расценен как неприемлемый в связи со значительной дозой радиации, необходимой для достижения цели, особенно у детей и молодых людей, поскольку уже имелись доказательства повышенного риска развития онкологических заболеваний, индуцируемых такими кумулятивными дозами.

Для меня это была одна из причин, почему в начале 80-х гг. XX в. я начал работать с группой инженеров лаборатории биомеханики ENSAM (Ecole National Supérieure des Arts et Métiers) над созданием компьютерной 3D-модели сколиотического позвоночника с использованием метода конечных элементов на основе двух ортогональных спондилограмм. Полученные данные подтверждались, естественно, аналогичной реконструкцией, основанной на исследовании реальных анатомических препаратов сколиотических позвоночника, предоставленных университетской патолого-анатомической лабораторией.

Несомненно, все это было важной причиной начать работу с группой Charpak, что привело к созданию визуализационной системы EOS (1998–2000), которая, по моему глубокому убеждению, представляет наилучшую возможность исследовать изменения в горизонтальной плоскости при сколиозе в положении пациента стоя с минимальной дозой облучения (рис. 3) [15].

4. Биомеханические демонстрации, соображения и симуляции, безусловно, усиливают обсуждаемую концепцию. Много лет назад Sayre (1877) из США создал модель сколиотического позвоночника [16]. Она представляла собой прямоугольную раму, в которой были закреплены в естественной последовательности высушенные препараты –

**Рис. 3**

Визуализированные с помощью системы EOS изображения позвоночника

полный набор грудных и поясничных позвонков. Каждый позвонок был фиксирован к раме за поперечные отростки эластическими резиновыми лентами, симметрично с обеих сторон. Получилось превосходное симметричное выстраивание позвонков во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Полужесткий латунный стержень вводился в позвоночный канал общей модели позвоночника, на верхнем конце стержня располагалась кнопка. Надавливание на эту кнопку вызывало формирование типичной двойной сколиотической деформации за счет горизонтальных усилий, формируемых эластическими лентами. Подтягивание кнопки вверх вызывает исчезновение деформации.

Другая модель, недавняя, была разработана с помощью методов математики и биомеханики в институте ENSAM в Париже. С ее помощью удалось показать, что вертикальное давление на голову (продольное усиливающееся нагружение на оптимально выстроенную прямую модель позвоночника) никогда не вызывает появления сколиотической деформации, но если ввести в модель межпозвонковую аксиальную ротацию, эта же нагрузка приводит к появлению сколиоза. Эти данные полностью коррелируют с недавними (2019) результатами Castelein et al. [17], которые продемонстрировали в анатомических, рентгенологических и биомеханических исследованиях, что для развития сколиотической деформации позвоночника необходим поперечный (горизонтальный) компонент ее механогенеза.

5. Доказательства концепции как результат оценки состояния позвоночника до и после лечения (консерва-

тивного и оперативного) весьма многочисленны. Первое из них – понимание природы кифосколиотической деформации. Внешне кифоз всегда имеет больший или меньший сколиотический компонент, но тщательное изучение двух типичных проекций показывает, что если вершины обоих компонентов деформации (кифоза и сколиоза) расположены на одном и том же уровне, мы имеем дело с псевдокифозом (именуемым парадоксальным), который является вторичным по отношению к очень важной аксиальной (горизонтальной) ротации. С другой стороны, если вершина проекции кифотической деформации лежит на уровне перехода между двумя сколиотическими дугами на фасной спондилограмме – это истинный переходный кифоз. Практическая демонстрация такого кифоза наблюдалась при оперативной коррекции S-образного сколиоза дистрактором Harrington, когда стержень расположен на вогнутой стороне каждого сколиотического искривления, а переходный кифоз совпадает с проекционной тенью стержня.

Возможности практического приложения концепции к клинической ситуации были представлены на митинге SRS в Чикаго (1980) в виде прогнозирования течения инфантильного идиопатического сколиоза путем оценки деформации при взгляде сверху. Это могло дать возможность создания аналога ID-карты, но, к сожалению, не было понято ортопедическим сообществом.

Еще одно явное доказательство – феномен коленчатого вала [18]. Он отлично определяется по 3D-реконструкции при оценке позвоночника в направлении от вершины к основанию. Когда мы смотрим на эту простую модель, невозможно опровергнуть концепцию физиологического и биомеханического нагромождения позвонков при сколиозе. В последующем феномен коленчатого вала получил всеобщее признание.

Общезвестный ротационный маневр, лежащий в основе стратегии инструментария Cotrel – Dubousset, представляет собой перемещение стержня в горизонтальной плоскости, хотя визуальные последствия его представляются располагающимися во фронтальной и, даже в большей степени, в сагиттальной плоскостях [19]. Еще раз подчеркну, что плоскость, в которой осуществляется деротация, – это именно горизонтальная плоскость.

Консервативное лечение сколиоза гипсовыми или съемными корсетами для достижения коррекции также использует воздействие в горизонтальной плоскости. Например, коррекция гипсовым корсетом с помощью специальной рамы EDF (Elongation, Derotation, Flexion – удлинение, деротация, флексия) предполагает использование так называемых матерчатых полос. При двойных структуральных деформациях (правосторонней грудной и левосторонней поясничной) правосторонняя грудная и левосторонняя поясничная тяги действуют в противоположных направлениях в горизонтальной плоскости и могут дополняться левосторонней подмышечной тягой.

Разработка и описание концепции индекса позвоночной пенетрации (Spinal Penetration Index) [20], как и определе-

ние четырех типов горбов при сколиозе, полностью основаны на представлении о роли горизонтальной плоскости в механогенезе деформации (рис. 4).

Современные корсетные системы основаны на использовании горизонтальных корректирующих воздействий, а не латерального или заднелатерального давления и противодействия.

Благодаря созданию визуализационной системы EOS значимость концепции горизонтальной плоскости получила два новых обоснования:

а) индекс тяжести (выраженности) деформации (severity index), разработанный в ENSAM, позволяет прогнозировать прогрессирование (или стабильность) деформации, его определение базируется в основном на характеристиках деформации в горизонтальной плоскости: торсионном индексе, апикальной ротации, межпозвонковой ротации на верхней и нижней границах дуги искривления, апикальном лордозе, угле Cobb. Все измерения выполняются квазиавтоматически, получаемый прогноз имеет степень достоверности 89 % (рис. 5);

б) позвоночные векторы [21] были разработаны Illes для упрощения визуальной оценки и измерения нагромождения позвонков в горизонтальной плоскости; эти векторы проецируются на горизонтальную плоскость и используются для трехмерной классификации реальной деформации, оценки баланса, результатов любого типа лечения, а в некоторых сложных случаях помогают сформулировать показания и выбрать лечебную методику (рис. 6).

По всем этим причинам мы полагаем, что горизонтальная плоскость для сколиотической деформации любого типа и любой этиологии является главной (если не точкой отсчета), даже если она не была реально забыта [22], а только немного отставлена в сторону, возможно, из-за трудностей с визуализацией. В наши дни благодаря современным возможностям 3D-реконструкции, выполняемой в стандартном функциональном положении пациента, она становится все более доступной, и я полагаю, что это приведет к новым исследованиям.

Каковы оптимальные клинические и визуализационные технологии, помогающие решить обсуждаемую проблему, в том числе с количественной точки зрения?

Первое – смотреть и думать! В этом случае клиническое обследование начинается с осмотра больного во время ходьбы с ментальной и визуальной оценкой противонаправленных движений плечевого и тазового поясов. Затем больной осматривается в положении сидя на стуле со взглядом в направлении сверху вниз (глаза врача – над головой пациента), отмечается ориентация надплечий и таза, а также положение лопаток и вершины реберного горба.

Использование простых инструментов (сколиометра) для оценки горбов, соответствующих первичной и вторичной дугам искривления. Далее, если в вашем распоряжении имеется компьютерный топограф [23], легко оценить форму горизонтального контура на всем протяжении позвоночного столба, включая таз. Если пациент не в состоянии ходить при наличии более или менее выраженного пере-

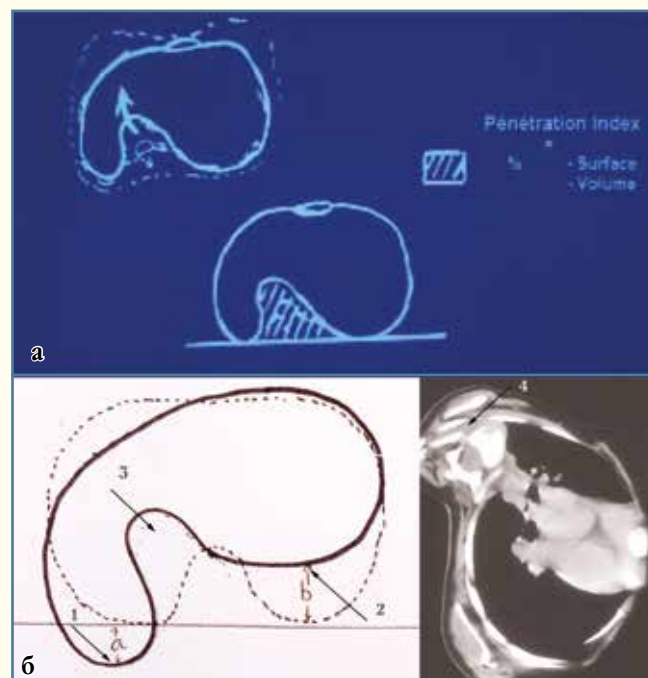


Рис. 4

Индекс позвоночной пенетрации, разработанный Dubouset (a), и 4 типа горбов при сколиозе (b): 1 – экзоторакальный (классический тип) с выпячиванием на выпуклой стороне дуги; 2 – экзоторакальный на вогнутой стороне дуги; 3 – эндоторакальный (протрузия тел позвонков); 4 – за счет эндолатеральной торакальной протрузии тел позвонков

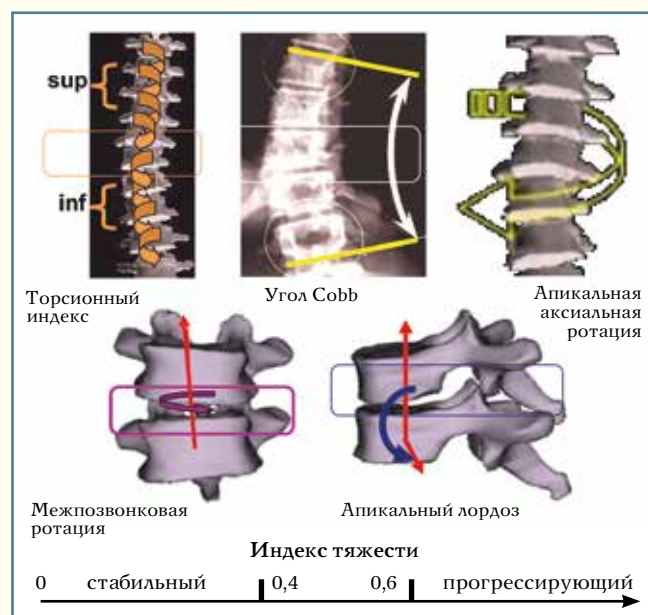


Рис. 5

Прогноз легкого идиопатического сколиоза при первом исследовании (достоверность 89 %)

коса таза, можно измерить форму и размеры отпечатка ягодиц и бедер на плоскости, на которой сидит пациент. С моей точки зрения, это наиболее точный метод оценки положения таза при деформациях любой этиологии, причем как до, так и после проведенного лечения (консервативного или оперативного). Он в значительно большей степени отражает достигнутый результат, чем угол Cobb, демонстрирующий только фронтальную проекцию позвоночника.

Достойно сожаления то, что в течение стольких лет 3D-концепция позвоночных деформаций так и не вошла в ежедневную практику, а также в учебники и требования к публикациям ведущих журналов, в отличие от золотого стандарта угла Cobb. Важность изменений, происходящих в горизонтальной плоскости и отраженных при формировании трехмерной конструкции деформированного позвоночника, осознается далеко не всеми.

Вот почему визуализационная система EOS на сегодняшний день является наилучшим методом получения 3D-компьютерных реконструкций, предоставляя максимум информации о деформированном позвоночнике в положении пациента стоя и сидя. Конечно, это исследование в статике, но реально трехмерное. Исследование в горизонтальной плоскости от головы до ног (или в обратном направлении) с измерениями в соответствии с концепцией позвоночных векторов чрезвычайно информативно до и после хирургической коррекции любой сколиотической деформации, но особенно демонстративно у пожилых пациентов. Уникальная возможность исследовать позвоночник в горизонтальной проекции (сверху вниз) позволяет измерять латеральную и переднезаднюю девиацию, а также аксиальную ротацию, причем не только для отдельно взятого позвоночного сегмента, но и глобально – уровень за уровнем. Кроме того, данная техника позволяет легко

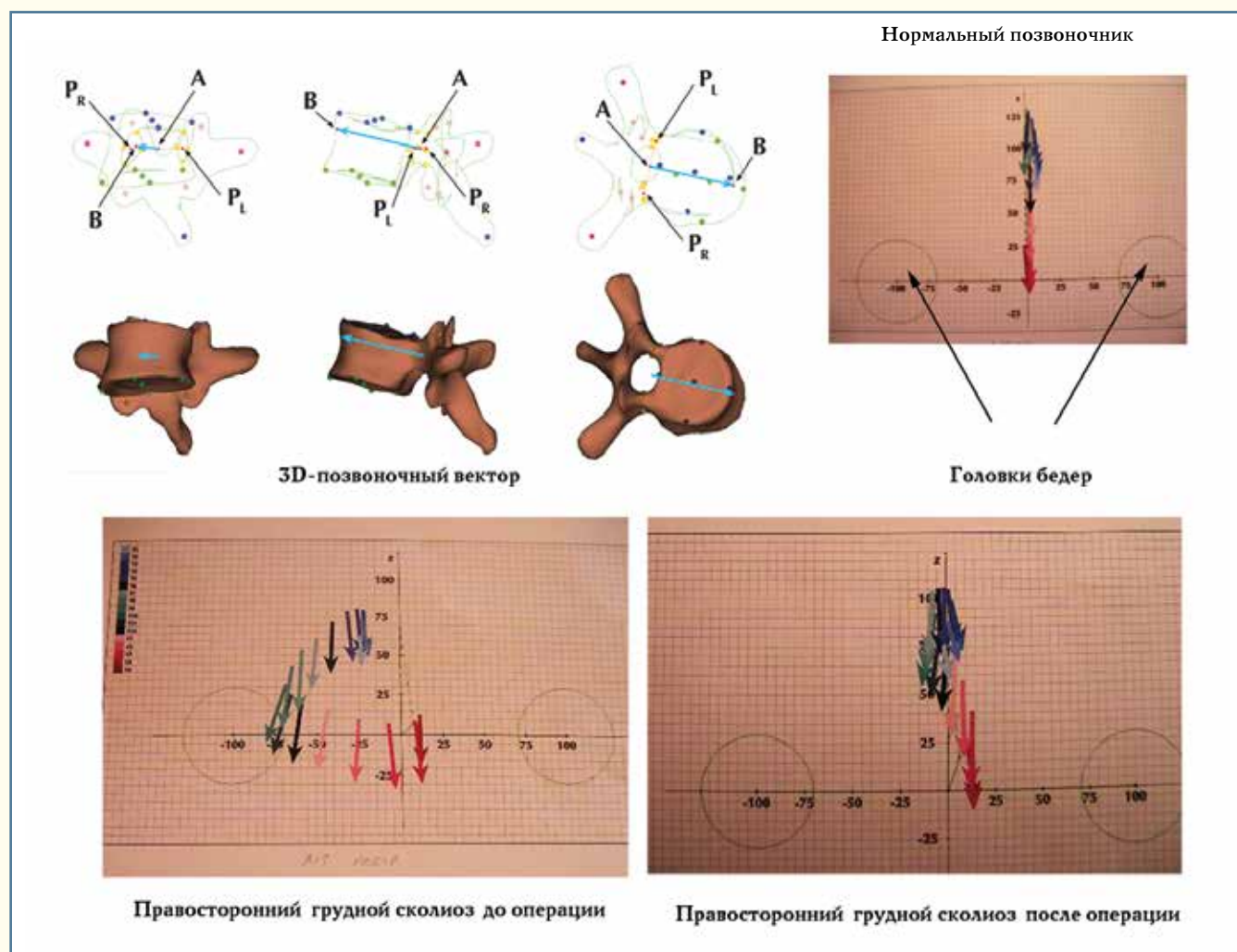
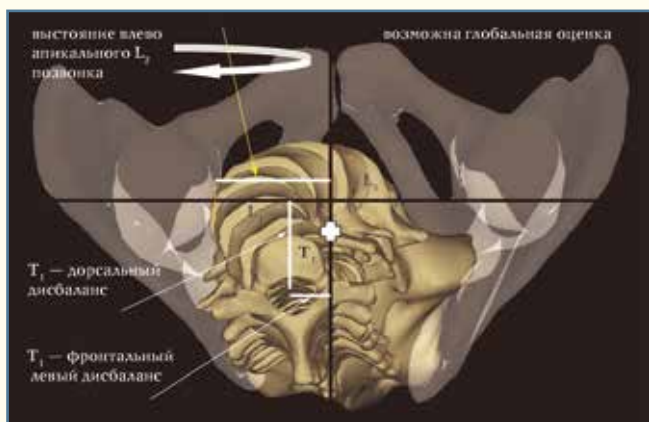


Рис. 6

Позвоночные векторы разработаны Illes [21] для упрощения визуальной оценки и измерения накопления позвонков в горизонтальной плоскости

**Рис. 7**

Новый инструмент анализа формы позвоночника – определение оси проекции гравитации: положение каждого позвонка может быть оценено отдельно

визуализировать и измерять межпозвонковую аксиальную ротацию, что представляется чрезвычайно важным при определении потенциально нестабильных переходных зон (рис. 7).

Многие исследователи занимаются разработкой метода динамического 3D-исследования, используя комбинацию топографических ориентиров 3D-поверхности, записанную в ходе движения, и статическую реконструкцию, полученную с помощью EOS-машины. Барицентриметрическое исследование масс тела также возможно с помощью этой системы. Результаты всех исследований оцениваются в сочетании с данными измерений веса различных частей человеческого тела (головы, головы и плечей, верхней половины туловища, нижних конечностей и т.д.). Кроме того, надо учитывать скорость перемещения (оценивается простым хронометром), чтобы решить задачи, поставленные при первичном осмотре в консультативном кабинете. Мы должны измерить время, необходимое на выполнение 4–5 шагов назад и вперед, для подъема на три ступени и обратно, для приседания на корточки и вставания (возможно, самое сложное) и, наконец, двойной задачи, позволяющей оценить когнитивные функции пациента, – делать несколько шагов назад и вперед, говоря по телефону или считая вслух в обратном направлении. Все эти активные измерения входят в комплекс обследования любого больного, вне зависимости от этиологии деформации и планируемого лечения (консервативного или оперативного).

Последний пункт, где горизонтальная плоскость играет важнейшую роль, – исследование с позиции концепции гармонии. Можно с полным основанием утверждать, что гармония любого движения (ходьбы, бега, бросания и т.д.) зависит в определенной степени от регулировки в горизонтальной плоскости любого сустава, включенного в данное движение. При наблюдении и 3D-измерении механизма движения нижней конечности, начинающегося от контакта

стопы с полом, мы отмечаем, что движение в горизонтальной плоскости совершается на каждом последовательном анатомическом уровне, начиная от кожи на подошвенной поверхности стопы, затем в subtalarном суставе, в голеностопном суставе с движением таранной кости внутри тибioфибулярной вилки, общеизвестная ротационная адаптация коленного сустава и, наконец, тазобедренный сустав с меняющейся ориентацией таза при каждом шаге. То же самое происходит при любом движении верхней конечности. Движение в горизонтальной плоскости придает плавность и эстетичность каждому двигательному акту, делая его гармоничным.

Когда мы видим идущего или бегущего человека, любой может с одного взгляда отличить гармоничное движение от дисгармоничного. Belligue [24], бывший профессором анатомии Школы изящных искусств в Париже, дал красивое определение гармонии для человеческой природы. Гармония в ортопедическом языке уравнивает золотой стандарт угла Cobb.

Мы знаем очень хорошо следующее:

- гармонией музыки считается согласованность между различными тонами, а это, в конечном счете, закон физики (противоположность – несогласованность звуков)!

- гармонией в изобразительном искусстве считается согласованность при расположении последовательных цветовых сочетаний (противоположность – несогласованность цветов).

В реальности классификация гармонии с позиций человеческой природы или функции затруднена субъективным фактором, варьирующим в зависимости от образования, традиций, исторического прошлого..., поэтому так мало было сделано для включения этих понятий в оценку состояния больного до и после лечения. Но думать об этом мы должны! Вот определение, сформулированное Belligue: «Гармония движения – это правильное распределение масс тела (голова, грудная клетка, брюшная полость и таз, подвешенные на нижних конечностях) при его перемещении». Ему же принадлежит фраза, подтверждающая мою концепцию конуса экономии: «Гармония – сестра экономии». Следовательно, гармония существует для маленьких и больших людей, ровных и угловатых форм, людей малого и большого веса, хорошо и плохо сложенных людей, изменчивых и сбалансированных движений.

В конечном итоге применительно к позвоночнику понятие гармония подразумевает следующее:

- 1) 3D-гладкое выстраивание по высоте и весу;
- 2) приемлемое распределение последовательных масс тела от стоп до головы;
- 3) 3D-статический баланс в пределах малого конуса экономии;
- 4) 3D-движения в пределах нормальных функциональных базовых представлений.

Мы далеки от золотого стандарта угла Cobb, потребуются еще много работы для создания достоверной и научной классификации в этой области нашей науки, но я уверен, что это необходимо.

Каким образом предлагаемая концепция влияет на выбор стратегических и технических задач при консервативном и хирургическом лечении больных сколиозом?

Один из важнейших вариантов приложения концепции – определение индекса тяжести сколиотической деформации, особенно при небольших (на стадии начала развития) деформациях у детей в препубертатном периоде или близком к нему, и как можно более раннее полно-

ценное лечение гипсовым или съемным корсетом, чтобы достичь наилучшего результата и предотвратить, если это возможно, оперативное вмешательство. Точность и достоверность предсказания тяжести течения болезни с помощью этого индекса достигает 89 %, при этом расчеты производятся почти автоматически по обычным ортогональным спондилограммам [25]. Необходимо

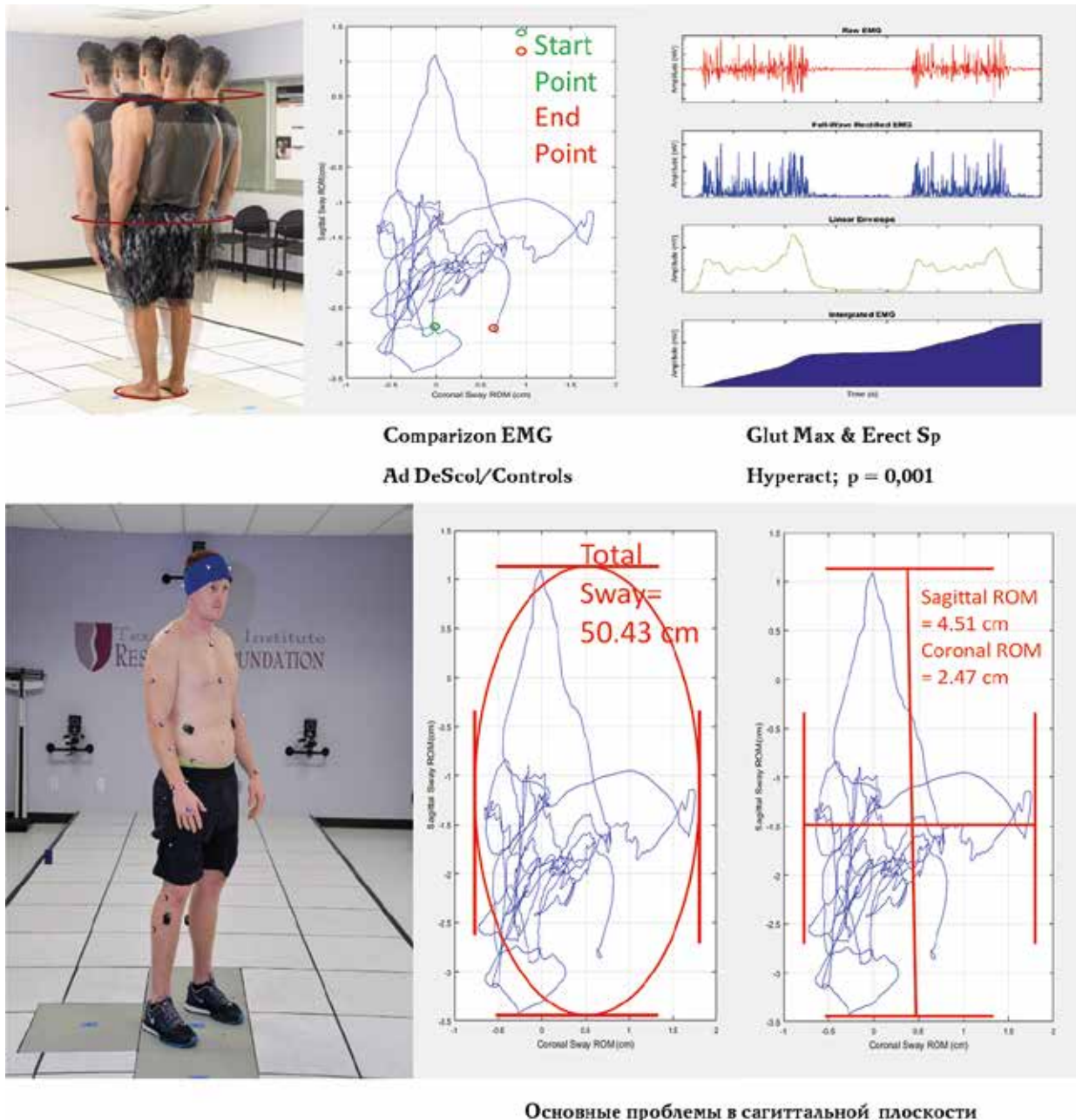


Рис. 8

Количественная оценка конуса экономии по Lieberman [26]

подчеркнуть важность правильного позиционирования пациента внутри кабины EOS-системы.

Реконструкция позвоночника, как и грудной клетки, в горизонтальной плоскости позволяет оценивать количественно результаты корсетотерапии, а именно коррекцию деформации позвоночника и баланс туловища в корсете и без него, форму грудной клетки и результат избыточного давления на реберный каркас. Эти данные позволяют лечащему врачу немедленно продемонстрировать корсетному мастеру необходимость модификации или даже полной перделки ортоза.

С другой стороны, подобная ситуация подтолкнет хирурга и инженеров к обдумыванию, изобретению и созданию новых корсетов с новыми целями – без давления и противодействия на грудную клетку и позвоночник, но с возможностью противоторсионного воздействия в горизонтальной плоскости с использованием, когда это возможно, дыхательной мускулатуры.

Планирование хирургического лечения также полезно осуществлять с учетом важности и роли горизонтальной плоскости.

Определение протяженности зоны инструментального спондилодеза и костной пластики. Горизонтальная плоскость вновь выходит на первый план: фактически главным становится вопрос о различиях между структуральной и компенсаторной деформациями. Многие хирурги оценивают только величину угла Cobb на рентгенограммах в положении бокового наклона или аксиальной тракции, но, с моей точки зрения, самое важное – понять, что происходит в горизонтальной плоскости. Если ротация устранена полностью, компенсаторную дугу не нужно включать в зону спондилодеза. Если деторсия отсутствует, невелика или даже сохраняется тотальная аксиальная ротация, речь идет о структуральном искривлении, деторсия должна блокироваться полностью, чтобы предотвратить 3D-дисбаланс.

Когда тазовый позвонок представляет собой последний позвонок сколиотической дуги и ротируется в горизонтальной плоскости в том же направлении, что и поясничная дуга, его следует включить в зону спондилодеза. Но если тазовый позвонок и поясничная дуга ротируются в противоположных направлениях, таз должен расцениваться как небольшая компенсаторная дуга, и, с точки зрения долгосрочного результата, его не следует блокировать с позвоночником.

Определение нестабильной зоны осуществляется по признакам, видимым на переднезадней и боковой рентгено-граммах, а также на функциональных снимках (тракция или боковой наклон). Реконструкция в горизонтальной плоскости дает качественную и даже количественную информацию относительно не только самой ориентации ротации, но и ее величины, что делает предсказуемой ротационную дислокацию и помогает определить положение верхнего и нижнего инструментированных позвонков. Вывод прост: никогда не начинайте и не заканчивайте зону спондилодеза на уровне нестабильного позвонка.

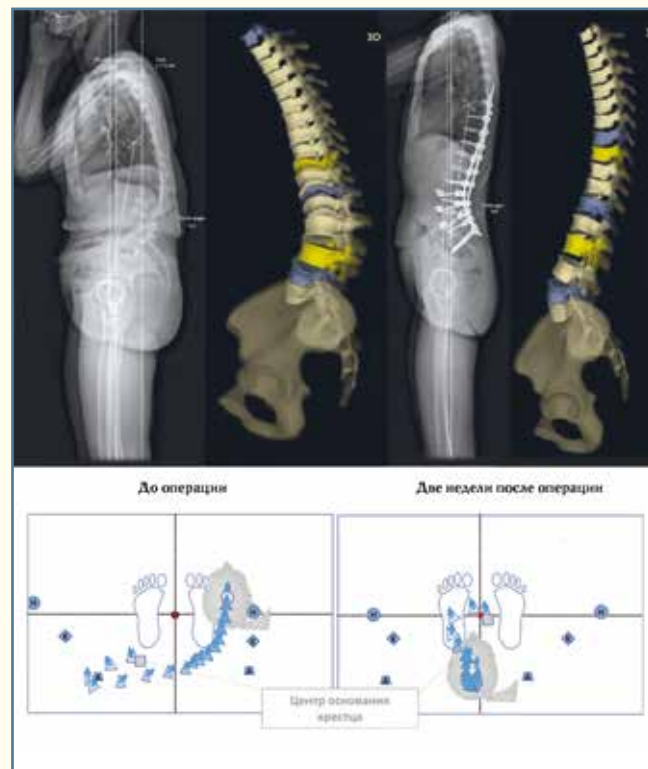


Рис. 9

Вертикальная проекция на горизонтальную плоскость (с разрешения Hasegawa): сравнение выравнивания туловища до и после операции [27]

Компьютерное моделирование оперативного вмешательства – еще один вариант использования горизонтальной плоскости при определении протяженности зоны спондилодеза. Таким путем легко моделировать результат операции, меняя только один уровень верхнего или нижнего концевой позвонка. Это широко применяемый метод определения лечебной стратегии с учетом сагиттального контура позвоночника и тазовых параметров, но иногда встречаются реальные неудачи, обусловленные игнорированием состояния позвоночника в горизонтальной плоскости.

Мы настоятельно рекомендуем инженерам и хирургическому сообществу включать все, что связано с горизонтальной плоскостью, в цепь своих умозаключений.

Почему эта концепция обеспечивает новый подход к оценке состояния пациента до и после лечения, в том числе количественной, как с точки зрения 3D-визуализации, так и функциональной? Эта оценка до и после любого лечения, но в первую очередь – хирургического. Несмотря на то что в большинстве случаев оценка анатомических изменений при сколиозе базируется на измерении угла Cobb (в прямой и боковой проекциях), мы полагаем, что 3D-исследование с включением горизонтальной плоскости и с учетом позвоночного баланса и анализа движений представляет собой более надежный и воспро-

изводимый путь, поскольку измерение угла Cobb позволяет оценить только степень коллапса позвоночника. Более того, поскольку нижние конечности вовлечены в 3D-организацию позы, необходимо учитывать влияние их длины на состояние позвоночника. Это прекрасно продемонстрировал Liebermann [26], количественно исследовавший концепцию конуса экономии путем измерения смещения проекции на пол линии нагружения туловища пациента (рис. 8), а также Haegeva [27], измерявший до и после операции проекции на плоскость пола различных элементов цепи баланса тела пациента, включая голову (рис. 9). Можно говорить о том, что сообщество спинальных хирургов хорошо приняло идею, что долговременный прогноз течения деформации позвоночника (леченной консервативно, оперативно или не леченной вовсе) зависит от динамического 3D-баланса позвоночных сегментов каудальнее и краниальнее заблокированной или инструментированной зоны. Как сказал Dimaggio, максимальная коррекция не всегда оптимальна. Современная аппаратура и инструментарий, предназначенные для коррекции деформаций позвоночника, учитывают значение происходящего в горизонтальной плоскости глобально и посегментно.

Конечно, мы должны помнить, что все эти биомеханические рассуждения и соображения всегда должны учитывать неврологический статус пациента – как в аспекте нейромышечном (проблема баланса), так и в когнитивном.

Заключение

Мы должны понимать и помнить, что сколиотическая деформация (идиопатическая, паралитическая, дегенеративная и т.д.) – компенсаторная реакция внутри цепи баланса на ротационный феномен, происходящий во фронтальной плоскости. Наша цель – добиваться баланса тела пациента в положении стоя, сидя и даже лежа через понимание его трехмерности и осознания важности учета горизонтальной плоскости. Выбирая лечебную стратегию для пациента со сколиозом любой этиологии надо всегда помнить о ней, это приведет к успеху.

Перевод М.В. Михайловского

Литература/References

1. **Shaw J.** On the Nature and Treatment of the Distorsion to which the Spine and the Bones of the Chest are Subject. London: Longman, Hurst, Rees, Orme, Brown and Green, 1823;231–232.
2. **Adams W.** Lectures on the Pathology and Treatment of Lateral and Other Forms of Curvature of the Spine. 2nd ed. London: J. & A. Churchill, New Burlington street, 1882.
3. **Bouvier V.** Différentiel. In: Andral G, Bégin L, Blandin M, eds. Dictionnaire de Médecine et Chirurgie Pratique, Tome 6. Paris: Gabon, Mequignon-Marvis, J.B.Baillière, 1831;300–302.
4. **Perdriolle R, Vidal J.** [A study of scoliotic curve. The importance of extension and vertebral rotation]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1981;67:25–34. In French.
5. **Bunnell WP.** An objective criterion for scoliosis screening. J Bone Joint Surg Am. 1984;66:1381–1387.
6. **Ducroquet R, Ducroquet J, Ducroquet P, Leger L.** La Marche et les Boîtiers: Etude des Marches Normales et Pathologiques. Paris: Masson, 1965.
7. **Sommerville EW.** Rotational lordosis; the development of single curve. J Bone Joint Surg Br. 1952;34:421–427. DOI: 10.1302/0301-620X.34B3.421.
8. **Roaf RJ.** The treatment of progressive scoliosis by unilateral growth-arrest. J Bone Joint Surg Br. 1963;45:637–651.
9. **Du Peloux J, Fauchet R, Faucon B, Stagnara P.** [The plan of choice for the radiologic examination of kyphoscoliosis]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1965;51:517–524. In French.
10. **Nash CL Jr, Moe JH.** A study of vertebral rotation. J Bone Joint Surg Am. 1969;51:223–229.
11. **Duval-Beaupère G, Dubousset J.** [Progressive rotational dislocation of the spine. Mechanical process common to evolutive Kyphoscoliosis complicated by neurologic disorders. Apropos of 16 cases]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1972;58:323–334. In French.
12. **Dubousset J.** Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein SL, ed. The Pediatric Spine: Principles and Practice. New York: Raven Press Ltd, 1994:479–496.
13. **Perdriolle R.** La Scoliose: Son Etude Tridimensionnelle. Paris: Maloine, 1979.
14. **Graf H, Hecquet J, Dubousset J.** [3-dimensional approach to spinal deformities. Application to the study of the prognosis of pediatric scoliosis]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1983;69:407–416. In French.
15. **Dubousset J, Charpak G, Dorion I, Skalli W, Lavaste F, Deguise J, Kalifa G, Ferey S.** [A new 2D and 3D imaging approach to musculoskeletal physiology and pathology with low-dose radiation and the standing position: the EOS system]. Bull Acad Natl Med 2005;189:287–297. In French.
16. **Sayre LA.** The History of the Treatment of Spondylolysis and Scoliosis by Partial Suspension and Retention by Means of Plaster-of-Paris Bandages. New York: D. Appleton & Co., 1895.
17. **De Reuver S, Brink RC, Homans JF, Kruijt MC, van Stralen M, Schlusser TPC, Castelein RM.** The changing position of the center of mass of the thorax during growth in relation to pre-existent vertebral rotation. Spine, 2019;44:679–684. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002927.
18. **Dubousset J, Herring JA, Shuffledbarger H.** The Crankshaft phenomenon. J Pediatr Orthop. 1989;9:541–550. DOI: 10.1097/01241398-198909010-00008.
19. **Cotrel Y, Dubousset J.** Nouvelle technique d'instrumentation postérieure du Rachis. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1984;70:489–494.
20. **Dubousset J, Wicart P, Pomeroy V, Barois A, Estournet B.** Spinal penetration index: new three-dimensional quantified reference for lordoscoliosis and other spinal deformities. J Orthop Sci. 2003;8:41–49. DOI: 10.1007/s007760300007.
21. **Illes T.** [Comparison of classical 2D measurement of scoliosis and 3D measurement using vertebral vectors; advantages for prognosis and treatment evaluation]. Bull Acad Natl Med. 2011;195:629–643. In French.
22. **Illes TS, Lavaste F, Dubousset JF.** The third dimension of scoliosis: The forgotten axial plane Orthop Traumatol Surg Res. 2019;105:351–359. DOI: 10.1016/j.otsr.2018.10.021.

23. **Sarnadsky VN.** The structure of postural disorders and spinal deformities in age and gender according to computer optical topography. *Stud Health Technol Inform.* 2012;176:77–82. DOI: 10.3233/978-1-61499-067-3-77.
24. **Bellugue P, Gajny L.** A propos d'art, de forme et de mouvement. Paris: Maloine, 1967.
25. **Vergari C, Gajny L, Courtois I, Ebermeyer E, Abelin-Genevois K, Kim Y, Langlais T, Vialle R, Assi A, Ghanem I, Dubousset J, Skalli W.** Quasi automatic early detection of progressive idiopathic scoliosis from biplanar radiography: a preliminary validation. *Eur Spine J.* 2019;28:1970–1976. DOI: 10.1007/s00586-019-05998-z.
26. **Haddas R, Lieberman I.** A method to quantify the “cone of economy”. *Eur Spine J.* 2018;27:1178–1187. DOI: 10.1007/s00586-017-5321-2.
27. **Hazegawa K.** Total body horizontal plane evaluation pre- post op spinal deformity correction, “in press”.

Адрес для переписки/Address correspondence to:

Dubousset Jean
23 bis rue des Cordelières, Paris, 75013, France,
jean.dubousset@wanadoo.fr

Статья поступила в редакцию 01.04.2021

Подписано в печать 20.04.2021

Received 01.04.2021

Passed for printing 20.04.2021

Жан Дюбуссе, профессор детской ортопедии, член Национальной академии медицины, 23 bis rue des Cordelières, 75013, Paris, France, ORCID: 0000-0002-4000-5450, jean.dubousset@wanadoo.fr.

Jean Dubousset, Professor of Pediatric Orthopaedics, Member of the French National Academy of Medicine, 23 bis rue des Cordelières, 75013, Paris, France, ORCID: 0000-0002-4000-5450, jean.dubousset@wanadoo.fr.