цифрами гликемий у обследованных больных позволяет думать об иных факторах, влияющих на степень компенсации СД 1, отражающейся в показателях $HbA1_c$, и требует дальнейшей доработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Green, A. et al.* // Diabetologia. — 1985. — Vol. 28(6). — P. 339–342.

2. DCCT Research Group, Ophthalmology. — 1995. — Vol. 102. — P. 647–661.

3. DCCT Research Group, Kidney Int. — 1995. — Vol. 47. — P. 1703–1720.

4. DCCT Research Group. Ann Intern Med. — 1995. — Vol. 122. — P. 561–568.

5. Skyler. Endocrinol Meteb Clin North Am. — 1996. — Vol. 25. — P. 243–254.

6. DAWN study 2001, Data on File, Novo Nordisk.

7. *Мохорт, Т. В.* Динамика заболеваемости СД 1 среди детей и подростков республики Беларусь, проживающих в различных экологических условиях / Т. В. Мохорт // Проблемы эндокринологии. — 2004 — Т. 50, № 6. — С. 14–18.

8. *Кураева, Т. Л.* Современная инсулинотерапия у детей и подростков / Т. Л. Кураева // Фарматека. — 2004. — № 15. — С. 45–52.

9. *Касаткина, Э. П.* Сахарный диабет у детей и подростков / Э. П. Касаткина. — М.: Медицина, 1996. — С. 97–157.

10. *Dahl-Jorgensen, K.* Modern insulin therapy in children and adolescents / K. Dahl-Jorgensen // Acta Paediatr Suppl. — 1999. — Vol. 88(427). — P. 25–30.

11. Impaired insulin action in puberty: a contributing factor to poor glycemic control in adolescents with diabetes / R. S. Sherwin [et al.] // N Engl. J Med. — 1986. — Vol. 315. — P. 215–219.

12. *Петеркова, В. А.* Современная инсулинотерапия сахарного диабета 1 типа у детей и подростков / В. А. Петеркова, Т. Л. Кураева, Е. В. Титович // Лечащий врач. — 2003. — № 10. — С. 50–54.

Поступила 16.07.2007

УДК: 616.711-007.55-83.75

РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ДУГ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА ВО ФРОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Д. К. Тесаков, Д. Д. Тесакова

Белорусский НИИ травматологии и ортопедии», г. Минск
Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Представлены наиболее распространенные методики измерения дуг деформации позвоночника по рентгенограммам во фронтальной плоскости при сколиозе — Фергюсона, Кобба и Енчура. Проведен сравнительный анализ результатов их одновременного применения при измерении 98 дуг у 83 больных сколиозом. На разработанной геометрической модели дуги искривления осуществлено сопоставление данных методик и их алгоритмов. Математически доказана несостоятельность методик Фергюсона и Енчура для клинико-рентгенологического применения. Объективно подтверждена обоснованность и целесообразность применения только методики Кобба, суть которой соответствует требованиям классической геометрии. Именно методика Кобба рекомендуется для применения как стандарт диагностики в количественной оценке параметров дуг сколиотической деформации позвоночника во фронтальной плоскости.

Ключевые слова: сколиоз, деформация позвоночника, рентгенологическая диагностика, методики измерения деформации.

ROETGENOLOGICAL METHODS OF SCOLIOTIC SPINE DEFORMITY ESTIMATION IN FRONTAL PLANE AND THEIR COMPARATIVE ANALYSIS

D. K. Tesakov, D. D. Tesakova

Belarussian scientific-research institute of traumatology and orthopedic surgery, Minsk
Belarussian state medical university, Minsk

The most disseminated roentgenological measuring methods of scoliotic deformed spine arches in frontal plane — Ferguson, Cobb and Jentschura — are represented. The comparative

mathematical analysis of the results of synchronous measurement of 98 scoliotic deformed spine arches using these methods was made. Comparison of the methods and their algorithms was carried out with the devised model of the deformity arch. Groundlessness of the Ferguson and Jentschura methods for using in clinical practice was mathematically proved. The validity and expediency of application of the Cobb`s method of measurement was objectively corroborated, because the essence of this method corresponds to orders of the classical geometry. Exactly the Cobb`s method is recommended to be used in clinical practice as a diagnostic standard of quantitative estimation of scoliotic deformed spine arches parameters in frontal plane.

Key words: scoliosis, spine deformity, roentgenological diagnosis, methods of the deformity measurement.

Введение

В диагностике деформаций позвоночника у больных сколиозом для объективной оценки патологии и определения количественных параметров дуг искривления, отражающих выраженность и тяжесть деформационного поражения, обязательным является рентгенологическое обследование. Это обеспечивает постановку точного клинического диагноза, определяет тактику адекватного корригирующего лечения и оценку его эффективности. Кроме того, информация о параметрах деформации позвоночника необходима для решения различных медико-социальных экспертных вопросов: определение годности для призыва на службу или работу в армии, поступление в военные и специальные учебные учреждения, оформление инвалидности, выбор профессии и т. д. Выраженность сколиотического искривления позвоночника принято определять путем измерения угловых параметров выявляемых дуг во фронтальной плоскости, которая иллюстрируется переднезадней спондилограммой [2, 3, 7, 9, 11, 12, 16–20, 25].

В клинико-рентгенологической практике до сих пор применяются различные методики измерения дуг деформации позвоночника, отличающиеся между собой по методическому алгоритму, дающему разные количественные данные [23]. Также нередко применение одной методики, но в разных вариантах ее исполнения, основанных на личной субъективности, с техническими погрешностями. Кроме того, диагностическая информация о параметрах деформации зависит от условий и качества сделанной рентгенограммы, положения самого пациента в момент лучевого обследования, профессиональной компетентности и добросовестности медицинского персонала и т. д.

Критерием тяжести самого деформационного поражения позвоночника являются степени выраженности искривления, каждая из которых имеет свой градусный интервал. Следует отметить, что применяемая для этого классификация степеней тяжести, предложенная В. Д. Чаклиным в 1957 году [18], имеет множество различных трактовок и редакций, связанных с количеством степеней и количественным выражением каждой степени.

Все вышеизложенное указывает на отсутствие определенного методического стандарта в определении параметров сколиотической деформации позвоночника. Это провоцирует возникновение спорных, противоречивых, а порой и конфликтных ситуаций в оценке выраженности и тяжести искривления позвоночника, ошибочных диагностических заключений и исходящих из этого медицинских рекомендаций, что негативно отражается как на здоровье, так и дальнейшей судьбе конкретного пациента.

Целью данной работы явилось изучение применяемых методик измерения дуг сколиотической деформации позвоночника во фронтальной плоскости с проведением их сравнительного анализа для разработки методического стандарта диагностики.

Материалы и методы исследования

Изучены переднезадние вертикальные рентгенограммы позвоночника 83 пациентов с идиопатическим (диспластическим) сколиозом. Возраст больных на момент обследования составлял от 8 до 17 лет, у всех пациентов отсутствовала анатомическая разница длины ног. Все рентгенограммы выполнены на пленках форматом 30×40 см, на которых позвоночник проецировался от каудального уровня S_1 позвонка с захватом крыльев подвздошных костей и реберного каркаса грудной клет-

ки; краниальный уровень позвоночника при этом располагался не ниже Th_3 позвонка. В процессе выполнения снимков пациент находился на выпрямленных в коленях и ровно установленных ногах в позе обязательного самоконтроля за осанкой.

В клиническом материале имелось 15 случаев с комбинированным анатомическим типом деформации, который характеризуется наличием одновременно двух основных дуг искривления [3, 26], поэтому общее количество подвергнутых исследованию дуг в работе составило 98. Для определения степени тяжести деформации позвоночника в работе использована классификация В.Д.Чаклина, согласно которой I степень включает угол дуги искривления до 10º, II степень — от 11º до 25º, III степень — от 26º до 40º, IV степень — от 41º и выше; данный вариант классификации является как самым первым, так и утвержденным в современных официальных нормативных документах и учебных руководствах-пособиях [11, 12, 15, 17, 18].

Среди методов исследования применен математический и геометрический анализ. Статистическая обработка данных проведена с вычислением критерия соответствия «χ^2» и критерия вероятности ошибки «p» [8]. Анализ рентгенограмм выполнен с использованием компьютерных программ: «DICOM», «DICOM Eye», «CorelDRAW 10», Microsoft Excel и Статистика 5,0.

Результаты и обсуждение

Информационный анализ показал, что для измерения дуг сколиотической деформации позвоночника во фронтальной плоскости до настоящего времени применяются три методики — Фергюсона (A. B. Ferguson), Кобба (J. R. Cobb) и Енчура (G. Jentschura) [1–3, 5, 6, 13, 14, 16, 21–25].

Методика Фергюсона. Она является самой первой из названных. Известно, что сам автор предложил ее в 1920 году, но первая публикация с ее представлением относится к 1930 году [22]. Суть методики Фергюсона заключается в следующем.

На фронтальной рентгенограмме в деформированном позвоночнике определяют дугу бокового искривления. В выбранной дуге находят так называемый нейтральный краниальный и каудальный позвонки, коими являются сегменты, в которых проекции остистых отростков находятся по центру проекции тел позвонков. Также в выбранной дуге определяют так называемый вершинный или апикальный позвонок, который имеет наибольшее визуализируемое смещение проекции остистого отростка в сторону вогнутости. В телах указанных трех позвонков определяют проекционные фронтальные центры, являющиеся точками пересечения диагональных линий, проведенных через вершины проекции тел сегментов. Затем через полученные центры-точки краниального и каудального позвонков проводят линии, которые пересекаются в центре-точке апикального сегмента. Измеряемый угол пересечения данных линий, обращенный в каудальную или краниальную сторону, считается углом исследуемой дуги сколиотической деформации.

Методика Кобба. Следует отметить, что термин «методика Кобба» сложился исторически, благодаря деятельности J. Cobb — американского ортопеда, который применял и популяризировал методику, разработанную Липманом (Lippman) в 1935 году [3]. Поэтому данная методика имеет и второе название — методика Липмана-Кобба [9]. О самой методике сам Кобб сообщил в 1948 году [21], ее суть заключается в следующем.

На переднезадней рентгенограмме деформированного позвоночника в дуге искривления определяют краниальные и каудальные позвонки, имеющие наибольший наклон во фронтальной плоскости. Через замыкательные пластики тел выбранных сегментов проводят линии, угол пересечения которых, обращенный в сторону дуги, указывает ее величину. При этом с учетом выраженности величины дуги деформации указанный угол в ряде случаев для удобства определяют с применением классического геометрического приема путем измерения угла пересечения встречных перпендикуляров, проведенных дополнительно от линий замыкательных пластинок краниального и каудального позвонков.

Методика Енчура. Она представлена в 1956 году [24] и продолжает использоваться в ортопедической и рентгенологической практике [13]. Методика Енчура по своему алгоритму напоминает методику Фергюсона и заключается в следующем.

На фронтальной рентгенограмме в деформированном позвоночнике определяют дугу бокового искривления. В выбранной

дуге находят нейтральный краниальный, нейтральный каудальный и апикальный позвонок. В указанных сегментах определяют точки-центры проекции основания остистых отростков, через которые проводят линии, пересекающиеся в точке-центре апикального позвонка. Измеряемый угол пересечения данных линий, обращенный в каудальную или краниальную сторону считается углом исследуемой дуги деформации позвоночника.

На рисунке 1 представлены фотографии рентгенограммы одного и того же пациента, у которого дуга искривления позвоночника измерена одновременно указанными тремя методиками.

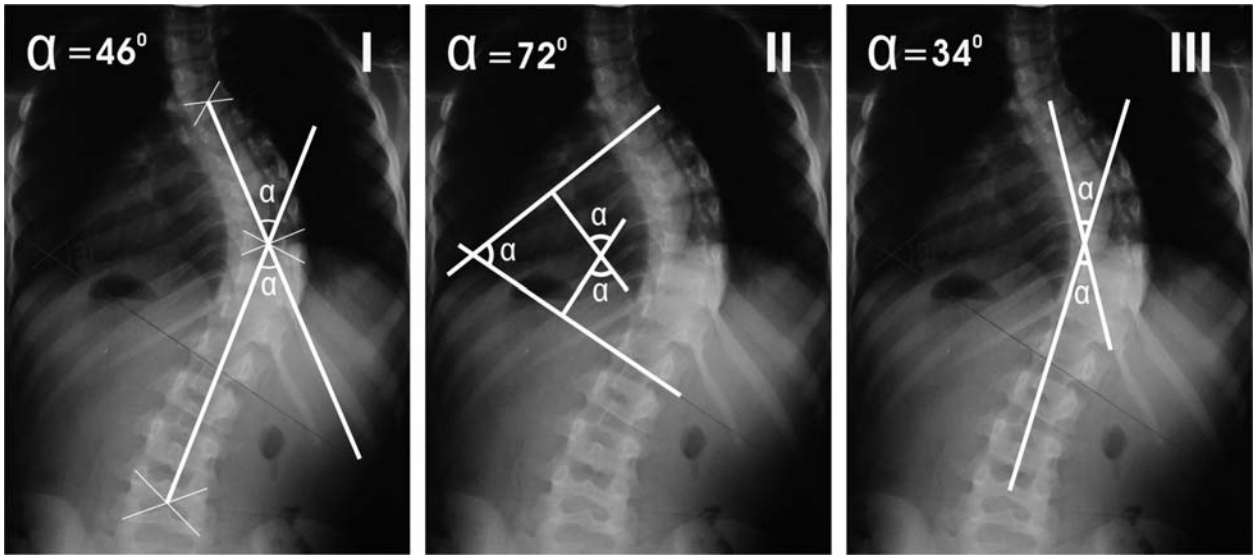

Рисунок 1 — I – методика Фергюссона, II – методика Кобба, III – методика Енчура. (α) – измеренный угол дуги сколиотической деформации позвоночника

Учитывая, что представленные методики измерения дуги искривленного позвоночника дают разные угловые параметры, при проведении сравнительного математического анализа результатов одновременного измерения параметров всех 98 дуг сколиотической деформации позвоночника в работе были учтены следующие рентгенанатомические критерии:

1. Основной или первичной дугой деформации считается искривление, имеющее наиболее выраженный ротационный компонент, который определяется на переднезадних снимках по характеру проекционного смещения изображения остистых отростков и дужек позвонков. Дуги, не имеющие выраженного ротационного компонента, располагающиеся выше или ниже основной, считаются дополнительными или вторичными, осуществляя компенсаторную функцию деформации позвоночника [3, 9, 14, 25, 26].

2. Краниальным и каудальным сегментом дуги деформации считаются позвонки, имеющие в выявляемой дуге наибольший наклон во фронтальной вертикальной плоскости [9, 14].

3. Между краниальным и каудальным позвонками находятся позвоночные сегменты, составляющие основную дугу искривления [9, 14].

4. Вершиной дуги искривления считается ее середина [9].

5. Апикальным считается позвонок или позвонки (в случае расположения вершины дуги на уровне межпозвонкового дискового пространства), располагающиеся на уровне вершины основной дуги искривления и имеющие наиболее выраженную ротацию [3, 9, 25].

6. Нейтральным считается позвонок, располагающийся между основной и дополнительной дугой и имеющий в своем изображении на рентгенограмме срединное расположение проекции остистого отростка на теле сегмента [9].

7. Между нейтральным и краниальным или каудальным позвонком располагаются так называемые переходные сегменты [9].

Таким образом, измерения основных дуг искривлений проведены с соблюдением следующих установленных в работе требований:

1. Для всех трех методик выбраны единые краниальные и каудальные позвонки.

2. Для методики Фергюсона и Енчура выбран единый апикальный позвонок.

3. Учитывая, что краниальные и каудальные позвонки входили в состав соответствующих смежных дуг, а также могли иметь возникшую патологическую деформацию своих тел [3, 9], при измерении по методике Кобба учитывались замыкательные пластинки, имевшие наибольший фронтальный наклон, что позволяет определять угол дуги с учетом и структуральности поражения.

Полученные результаты показали, что самые высокие угловые параметры дает методика Кобба; величина измеренных дуг составила от 3 до 84 градусов. При измерении по Фергюсону она равнялась 1–61º, а по Енчура — 1–42º. В таблице 1 представлено распределение полученных измерений по параметрам соответствующей степени тяжести классификации В. Д. Чаклина.

Таблица 1 — Распределение количества дуг деформации по степеням тяжести в зависимости от методики измерения угловой величины

Показатели	Степени тяжести по классификации В. Д. Чаклина			
Методика измерения	I ст. (≥ 10°)	II ст. (11°–25°)	III ст. (26°–40°)	IV ст. (≤ 41°)
По Коббу	8	22	35	33
По Фергюсону	13	56	24	5
По Енчура	25	63	9	1

Математическая обработка данных сравнения показала высокий уровень достоверности различий между собой; величина критерия соответствия «χ^2» составила для всех методик 92,22 с вероятностью ошибки «р»<0,001. Достоверность различий подтвердилась и результатами сравнения примененных методик между собой, что представлено в таблице 2.

Каждая из рассмотренных методик направлена на определение одного и того же показателя — величины дуги деформации. Поэтому, учитывая различность алгоритмов измерений, для выявления причины несовпадения получаемых параметров, а также определения из трех наиболее рациональной и обоснованной методики, которая имеет объективную аргументацию для применения как диагностический стандарт, было проведено геометрическое сопоставление методик на созданной математической модели дуги искривления, эскиз которой представлен на рисунке 2.

Таблица 2 — Результаты сравнения измерений дуг искривления методиками Кобба, Фергюсона и Енчура в группах степеней тяжести сколиотической деформации позвоночника

Показатели	Группы степеней тяжести деформации позвоночника			
Сопоставленные методики при сравнении	I ст. (≥10°)	II ст. (11°–25°)	III ст. (26°–40°)	IV ст. (≤41°)
«Кобб-Фергюсон» Достоверность «χ^2» Вероятность ошибки «р»	1,3 —	24,6 <0,001	2,9 —	25,6 <0,001
«Кобб-Енчура» Достоверность «χ^2» Вероятность ошибки «р»	10,5 <0,01	34,9 <0,001	19,8 <0,001	36,4 <0,001
«Фергюсон-Енчура» Достоверность «χ^2» Вероятность ошибки «р»	4,7 <0,05	1,0 -	8,2 <0,01	2,8 -

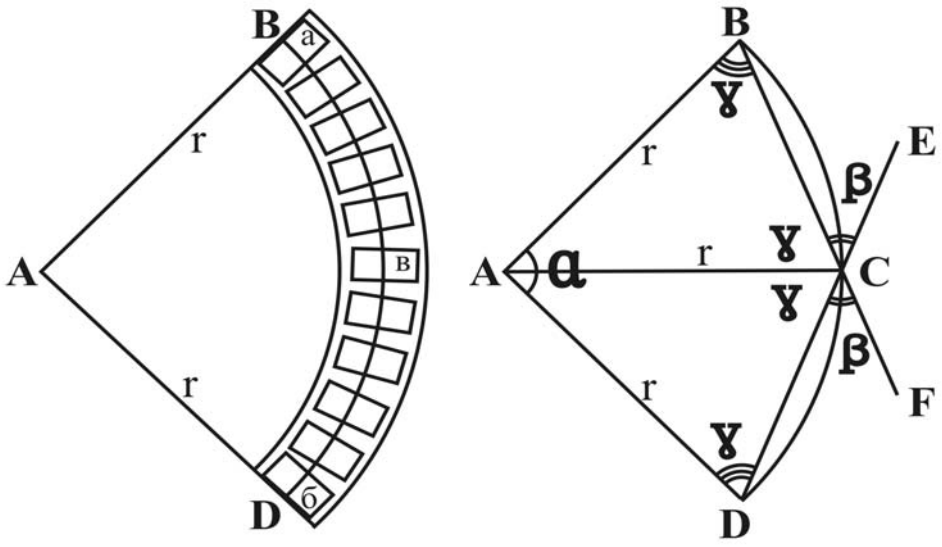

Рисунок 2 — Эскиз геометрической модели дуги (BD), отражающей дугу искривления позвоночника для измерения ее методиками Кобба, Фергюсона и Енчура: (а) — краниальный позвонок; (б) — каудальный позвонок; (в) — апикальный позвонок (пояснения в тексте)

В модели-скиограмме дуги искривления позвоночника определена соответствующая геометрическая дуга BD, являющаяся частью окружности с центром A. Данная дуга BD как модель дуги искривления позвоночника подверглась в работе измерению анализируемыми методиками. В геометрической дуге BD роль краниального позвонка (а) выполняет геометрическая точка B, роль каудального позвонка (б) — точка D, роль апикального позвонка (в) — точка C. Обозначенному краниальному (а) и каудальному (б) позвонку в дуге BD одновременно определена и функция нейтральных сегментов, а обозначенный апикальный позвонок (в) определен как центр дуги искривления. Учитывая, что для методики Фергюсона и Енчура необходим апикальный сегмент дуги, который для методики Енчура характеризуется ротационным показателем, в созданной геометрической модели условно решено, что апикальный позвонок имеет нейтральную ротацию. Таким образом, в модели-скиограмме создана дуга «идеального» случая, которая ставит все три методики измерения в одинаковые условия применения.

Для измерения по методике Фергюсона на дуге BD определены следующие пункты. Роль краниального позвонка (а) и его центра выполняет точка B, роль каудального позвонка (б) и его центра отведена точке D, роль центра апикального позвонка (в) выполняет точка C. Через указанные центры-точки B и D проведены линии DE и BF, которые пересекаются в центре-точке C. Измеряемый угол пересечения данных линий, обращенный в каудальную или краниальную сторону, является углом исследуемой дуги BD (угол «β»).

Для методики Кобба определено, что линии, проведенные через замыкательные пластинки краниального (а) и каудального (б) позвонков, проходят через точки начала (точка B) и конца (точка D) дуги, а пунктом их пересечения является точка A. Таким образом, мы имеем отрезки AB и AD, которые являются радиусами окружности (r), а угол, сформированный между ними, является углом измеряемой дуги BD (угол «α»).

Измерение по методике Енчура проведено по следующим пунктам. Пунктом краниального (а) и одновременно нейтрального позвонка является точка B. Пунктом каудального (б) и также одновременно нейтрального позвонка определена точка D. Пунктом апикального позвонка (в) с учетом его ротационной нейтральности является точка C. Через указанные точки B и D проведены линии DE и BF, пересекающиеся в апикальной точке C. Измеряемый угол пересечения данных линий, обращенный в каудальную или краниальную сторону, является углом исследуемой дуги BD (он же угол «β»).

Таким образом, на созданной геометрической модели дуги согласно алгоритмам методик измерений получены соответствующие углы «α» и «β», которые подвергнуты сравнительному геометрическому анализу, ход которого изложен следующим образом:

1. Как представлено на рисунке 2, для всех методик измерения дуга BD является неизменной. При этом точка B является ее началом, точка D — концом, точка C — центром или серединой дуги, точка A — центром окружности, в которую входит дуга BD.

2. Возьмем для анализа отрезки AB, AC, AD, BC и DC. Также возьмем отрезок EC, являющийся продолжением отрезка DC, и отрезок FC, являющийся продолжением отрезка BC. Таким образом, <BAD будет соответствовать величине угла, измеренного по Коббу — <α, а <BCE и <DCF соответствовать углу, измеренному по методике Фергюсона и методике Енчура — <β. Отрезок AC делит <BAD (<α) пополам, поскольку точка C является центром дуги BD.

3. Рассмотрим треугольник ABC. Он является равнобедренным, поскольку AB = AC = r. Следовательно, <ABC = <BCA (<γ).

4. Из суммы углов треугольника ABC имеем:

<BAD:2 = 180° – <ABC – <BCA =
= 180° – 2 x <ABC.

5. Учитывая, что AC является биссектрисой <BCD, следовательно, <BCA = <DCA. Кроме того, <BCA=<DCA=<ABC=<γ.

6. Поскольку <BCF = 180°, то <DCF = 180° – <BCA – <DCA=180° – 2 x <ABC.

7. В итоге <BAD:2 = <DCF, или < BAD = 2 x < DCF, т. е. < α = 2 x <β.

Таким образом, в результате геометрически доказано следующее:

1. Угол, измеренный по Коббу, всегда больше, чем измеренный по методике Фергюсона или Енчура, и в условиях «идеального» случая его величина превышает в 2 раза.

2. Непосредственно величину дуги отражает именно угол, получаемый при применении методики Кобба, так как раствор между радиусами AB и AD соответствует величине геометрической дуги BD.

3. Углы, измеренные по методикам Фергюсона и Кобба, отражают не величину выбранной дуги, а ее проведенной предварительно трансформации в углообразную фигуру, что полностью противоречит канонам классической геометрии.

4. В методике Енчура критерием определения позвонков для измерения выбрана локализация основания остистых отростков, проекционное расположение которых, в свою очередь, зависит от выраженности ротационно-торсионного изменения положения и формы позвонков, что иллюстрирует параметры деформации в горизонтальной плоскости и, следовательно, также противоречит геометрическому смыслу самого получаемого параметра для оценки изменений во фронтальной плоскости.

Полученная геометрическая закономерность разницы величины измеренных углов по методике Кобба с величиной углов Фергюсона и Енчура теоретически указывает на возможное параллельное существование и взаимодействие методик между собой. В связи с этим проведено дополнительное сравнительное сопоставление данных, полученных при измерении по Коббу, с результатами измерений по Фергюсону и Енчура, удвоенными на 2, а также соответствующих удвоенных результатов по Фергюсону и Енчура между собой. Полученные новые данные, распределенные по группам степеней тяжести деформации согласно классификации В. Д. Чаклина, вместе с исходным вариантом представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Распределение дуг деформации по степеням тяжести при пересчете полученных величин в зависимости от методики измерения

Показатели	Степени тяжести по классификации В. Д. Чаклина			
Методика измерения	I ст. (≥10°)	II ст. (11°–25°)	III ст. (26°–40°)	IV ст. (≤41°)
По Коббу (без пересчета)	8	22	35	33
По Фергюсону (после пересчета), в скобках — исходный вариант	7 (13)	8 (56)	32 (24)	51 (5)
По Енчура (после пересчета), в скобках — исходный вариант	11 (25)	15 (63)	54 (9)	18 (1)

Математическая обработка новых данных для общего сравнения методик показала высокий уровень достоверности различий. Величина критерия соответствия «χ^2» составила 30,65 с вероятностью ошибки «р»<0,001. Проведенный перерасчет измеренных углов по методике Фергюсона и Енчура путем умножения исходных величин на 2 показывает полное несовпадение с исходными результатами методики Кобба. Перерасчет новых данных при сравнении между собой полученных результатов измерений указанными методиками в выделенных группах каждой степени тяжести сколиотической деформации представлен в таблице 4.

Таблица 4 — Результаты сравнения измерений дуг искривления методикой Кобба и удвоенными данными измерений методикой Фергюсона и Енчура в группах степеней тяжести сколиотической деформации позвоночника

Показатели		Группы степеней тяжести деформации позвоночника			
Сопоставленные методики при сравнении	Общее сравнение	I ст. (≥10°)	II ст. (11°–25°)	III ст. (26°–40°)	IV ст. (≤41°)
«Кобб-Фергюсон»					
Достоверность «χ^2»	10,59	0,1	7,7	0,1	6,8
Вероятность ошибки «р»	<0,05	—	<0,01	—	<0,01
«Кобб-Енчура»					
Достоверность «χ^2»	10,27	0,5	1,6	7,4	6,0
Вероятность ошибки «р»	<0,05	—	—	<0,01	<0,05
«Фергюсон-Енчура»					
Достоверность «χ^2»	24,44	1,0	2,4	10,0	24,4
Вероятность ошибки «р»	<0,001	—	—	<0,01	<0,001

Причиной выявленных несоответствий достоверности при сравнении полученных данных для группы каждой степени является наличие большого количества погрешностей, которые связаны со смещением точек начала, конца и в особенности центра измеряемой дуги. Это еще раз подтверждает, что алгоритмы методик Фергюсона и Енчура предусматривают измерение не самой дуги, а ее трансформацию в определенную угловую фигуру, параметр которой далее ошибочно трактуется как величина исследуемой деформации.

Кроме изложенных данных математического сравнения в ходе практического применения методик отмечены определенные факторы, также влияющие на показатель результата измерения. В методике Фергюсона дополнительным искажением в определении локализации точек для измерения является сама форма каудального, краниального и апикального позвонков. Также на достоверность нахождения центра позвонка при данной методике оказывает влияние высота проекции тела сегмента, то есть, чем больше высота тела позвонка, тем дальше будет смещен его центр от замыкательной пластинки. При этом соответственно центр краниального позвонка будет смещен от краниальной замыкательной пластинки на расстояние, равное половине краниального позвонка, а центр каудального позвонка — от каудальной замыкательной пластинки на расстояние, равное половине каудального позвонка. Для методики Енчура имеет значение характер ротационного смещения проекции оснований остистых отростков и качество его визуализации на снимке.

Наибольшую методическую погрешность при измерениях по Фергюсону и Енчура вносит смещение апикальной точки. Ранее уже было указано, что за апикальный позвонок берется наиболее ротированный сегмент дуги искривления. При построении дуги «идеального» случая для того, чтобы угол, измеренный по Фергюсону либо Енчура, имел прямую взаимосвязь с углом, непосредственно характеризующим дугу, необходимо, чтобы центр выбранного апикального позвонка по Фергюсону и проекция основания остистого отростка апикального позвонка по Енчура совпадали с геометрическим центром дуги. На практике такое совпадение встречается

крайне редко. При этом величина погрешности может быть связана как с деформацией самого апикального позвонка, так и с наличием нескольких позвонков, которые в силу присутствия у них одинаковой выраженности ротации могут быть рассмотрены как апикальные. Это хорошо заметно при измерении дуги с четным количеством позвонков, когда даже при простом геометрическом делении дуги центр будет попадать в дисковое пространство между сегментами.

При использовании методики Кобба отсутствует необходимость в определении апикального позвонка, поскольку алгоритм ее проведения не требует нахождения центральной точки измеряемой дуги. В данной методике предусматривается, прежде всего, правильное определение самой дуги для измерения ее величины по замыкательным пластинкам краниального и каудального позвонков, имеющих наибольший наклон во фронтальной плоскости.

Изучение литературы также указывает на признание подавляющим большинством авторов именно методики Кобба для измерения угла фронтальной дуги деформации как диагностического стандарта [2, 9, 14, 16, 25]. Кроме того, помимо определения величины основных дуг деформации принцип Кобба лежит в основе ряда методик, дополнительно оценивающих деформационный процесс позвоночника. К таковым следует отнести следующие варианты:

— измерение угла клиновидной деформации тела позвонка и ее степени [14];

— определение угловых параметров мягкотканного (межпозвонкового дискового) и костного (позвонкового) компонентов дуги деформации (методика Е. А. Абальмасовой, методика И. И. Кона) [3, 16, 19];

— оценку стабильности фиксации и спондилодеза послеоперационной дуги деформации (методика В. Я. Фищенко) [16] и т. д.

Заключение

Проведенный сравнительный анализ методик измерения угловой величины основных дуг сколиотических деформаций во фронтальной плоскости показал, что наиболее достоверной и обоснованной является методика Кобба, так как получаемый ею угол объективно иллюстрирует параметры именно выбранной дуги, практически не искажаемой дополнительными геометрическими трансформациями, что сводит к минимуму наличие возможной методической погрешности. На разработанной геометрической модели дуги искривления объективно доказано преимущество применения именно методики Кобба в сравнении с методикой Фергюсона и Енчура; при этом математически обоснована абсолютная методическая нецелесообразность использования последних в ортопедической практике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Богданов, Ф. Р.* Сколиоз / Ф. Р. Богданов // Многотомное руководство по ортопедии и травматологии / Н. П. Новаченко (отв. ред.). — М., 1968. — Т. 2. — С. 303–372.

2. Деформации позвоночника: учеб. пособие / В. М. Шаповалов [и др.] — СПб.: «МОРСАР АВ», 2000. — 96 с.

3. *Казьмин, А. И.* Сколиоз / А. И. Казьмин, И. И. Кон, В. Е. Беленький. — М.: Медицина, 1981. — 271 с.

4. *Казьмин, А. И.* Дискотомия: (этиология, патогенез и лечение сколиоза) / А. И. Казьмин, В. Я. Фищенко. — М.: Медицина, 1974. — 199 с.

5. *Киричек, С. И.* Травматология и ортопедия (компьютерная монография) / С. И. Киричек. — Мн., 2006. — 162 с.

6. *Ляндрес, З. А.* Оперативное лечение сколиозов у детей / З. А. Ляндрес, Л. К. Закревский. — Л.: Медицина. Ленингр. отд-ние, 1967. — 206 с.

7. *Маркс, В. О.* Ортопедическая диагностика / В. О. Маркс. — Мн.: Наука и техника, 1978. — 511 с.

8. *Мерков, А. М.* Санитарная статистика: (пособие для врачей) / А. М. Мерков, Л. Е. Поляков. — Л.: Медицина. Ленингр. отд-ние, 1974. — 384 с.

9. *Михайловский, М. В.* Хирургия деформаций позвоночника / М. В. Михайловский, Н. Г. Фомичев. — Новосибирск: Сибирское университет. изд-во, 2002. — 430 с.

10. *Мовшович И. А.* Рентгенодиагностика и принципы лечения сколиоза / И. А. Мовшович, И. А. Риц. — М.: Медицина, 1969. — 329 с.

11. Об утверждении Требований к состоянию здоровья граждан при приписке к призывным участкам, призыве на срочную военную службу, службу в резерве, военную службу офицеров запаса, военные и специальные сборы, поступлении на военную службу по контракту, в учреждение образования «Минское суворовское военное училище» и военные учебные заведения, военнослужащих, граждан, состоящих в запасе Вооруженных Сил Республики Беларусь: постановление МО РБ и МЗ РБ № 10/30 от 26.04.2006 г. — Мн., 2006. — С. 99–103.

12. Разъяснения по применению инструкции по определению инвалидности детям: письмо Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 02-6-2-2/3709

от 13.07.1994 г. // Сб. законодательных и инструктивных документов по медико-социальной экспертизе и реабилитации / сост. Э. И. Зборовский и др. — Мн., 1997. — С. 84–111.

13. *Трубников, В. Ф.* Заболевания и повреждения опорно-двигательного аппарата / В. Ф. Трубников. — Киев: Здоров'я, 1984. — 328 с.

14. *Ульрих, Э. В.* Вертебрология в терминах, цифрах, рисунках / Э. В. Ульрих, А. Ю. Мушкин. — СПб.: «ЭЛБИ-СПб», 2002. — 187 с.

15. Физическая реабилитация: учеб. для студентов высш. учеб. заведений / под ред. С. П. Попова. —2-е изд. — Ростов н/Д.: Феникс, 2004. — 608 с.

16. *Фищенко, В. Я.* Сколиоз / В. Я. Фищенко. — Макеевка, 2005. — 558 с.

17. *Цивьян, Я. Л.* Сколиотическая болезнь и ее лечение / Я. Л. Цивьян. — Ташкент: Медицина, 1972. — 221 с.

18. *Чаклин, В. Д.* Ортопедия / В. Д. Чакли. — М.: Медгиз, 1957. — Кн. 2. — 798 с.

19. *Чаклин, В. Д.* Сколиоз и кифозы / В. Д. Чаклин, Е. А. Абальмосова. — М.: Медицина, 1973. — 255 с.

20. *Шатохин, В. Д.* Ранняя диагностика и консервативное лечение сколиоза у детей: пособие для врачей / В. Д. Шатохин, Д. В. Колчин, В. В. Колесов. — Тольятти, 2005. — 183 с.

21. *Cobb, J. R.* Outline for the study of scoliosis / J. R. Cobb // Am. Acad. Orthopaedic Surg. — 1948. — Vol. 5. — P. 261–275.

22. *Ferguson, A. B.* The study and treatment of scoliosis / A. B. Ferguson // Sth. Med. J. — 1930. — Vol. 23. — P. 2116–2120.

23. *George, K.* A comparative study of two popular methods of measuring scoliotic deformity of the spine / K. George, J. Rippstein // J. Bone Jt. Surg. — 1961. — Vol. 43-A. — P. 809–818.

24. *Jentschura, G.* Zur pathogenese der säuglingsskoliose / G. Jentschura // Arch. Orthop. Unfall. Chir. — 1956. — Bd. 48. — S. 582–603.

25. Moe's textbook of scoliosis and other spinal deformities / D. S. Bradford [et al.]. — N.Y: W.B. Saunders Company, 1987. — 651 p.

26. *Ponseti, I.* Prognosis in idiopathic scoliosis / I. Ponseti, B. Friedman // J. Bone Jt. Surg. — 1950. — Vol. 32-A. — P. 381–395.

Поступила 07.05.2007

УДК 616.43.083.3:57.083.32:614.876

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ НАНОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИВЫХ КЛЕТОК

Т. Г. Кузнецова, М. Н. Стародубцева, Н. И. Егоренков

Гомельский государственный медицинский университет
Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого

Представлен проблемный обзор исследований механический свойств клеточных поверхностей методами атомно-силовой микроскопии.

Ключевые слова: атомно-силовая микроскопия (АСМ), модуль упругости, механические свойства клеток.

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF THE STUDY OF THE LIVING CELL'S NANOMECHANICAL PROPERTIES

T. G. Kuznetsova, M. N. Starodubtseva, N. I. Yegorenkov

Gomel State Medical University
Gomel State Technical University

The review aims at analyzing the investigations of the cellular mechanical properties by the modern AFM technologies.

Key words: Atomic force microscopy (AFM), elastic modulus, mechanical properties of the cells.

Принцип атомно-силовой микроскопии (АСМ) заключается в сканировании поверхности образца тончайшей иглой, которая закреплена на подвижной консоли (рисунок 1). Отклонения консоли регистрируются высокочувствительной системой и