

**В. И. НЕЧАЕВ**

ООО «Подиастр», Черноголовка

# Методы оценки разницы в длине ног и асимметрий пояснично-тазового региона на постуральных рентгенограммах

Нечаев Владимир Ильич

врач высшей категории, медицинский директор ООО «Подиастр», председатель правления НП «Лига содействия развитию подиатрии», научный редактор журнала «Подиастрия»  
e-mail: podiatr@mail.ru

**Резюме:** в данной статье проанализированы методы получения постуральных рентгенограмм, рассмотрены различные показатели их оценки. Кроме того, приводятся некоторые клинические проявления, характерные для определенных девиаций, регистрируемых на рентгенограммах позвоночного столба и таза, полученных в положении стоя. На основе анализа литературы в статье приводятся стандартный протокол установки пациента при выполнении постуральных рентгенограмм, а также достаточно удобный протокол оценки возможных деформаций тазового кольца и поясничного отдела позвоночника. Приводимые в статье данные позволяют рекомендовать использование постуральных рентгенограмм в качестве «золотого» стандарта при измерении постуральных девиаций позвоночного столба и тазового кольца, а также при определении разноразмерности длины ног.

**Ключевые слова:** постуральные рентгенограммы, разница в длине ног, оценка асимметрий таза.

**V. I. NECHAEV**

LLC "Podiatr", Chernogolovka

# Methods of assessing the difference in the length of legs and the asymmetries in lumbar-pelvic region on postural X-ray images

Nechaev Vladimir I.

doctor of the highest category, medical Director of LLC «Podiatry», chairman of the Board of the Podiatry Development Assistance League, scientific editor of the journal «Podiatry»  
e-mail: podiatr@mail.ru

**Summary:** this article analyzes the methods of postural X-ray imaging as well as various indicators for images evaluation. In addition, some clinical manifestations specific to certain deviations recorded on X-ray images of spine and pelvis in a standing posture are presented. The article provides a standard protocol for the patient posturing during postural X-ray imaging and fairly easy protocol to assess the possible deformation of the pelvic ring and the lumbar spine that are based on the analysis of various publications. The data given in the article is sufficient to recommend the use of postural X-ray images as the gold standard in the measurement of postural deviations of the spine and the pelvic ring, as well as in determining the difference in length of the legs.

**Key words:** postural X-ray images, difference in length of the legs, pelvic asymmetry assessment.

## ВВЕДЕНИЕ

В течение нескольких десятилетий неравенство длины нижних конечностей, сопутствующие постуральные нарушения тазового кольца и девиации поясничного отдела позвоночного столба являются предметом разногласий среди врачей-клиницистов. Существование феномена разноразмерности длины ног не подвергается сомнению. Однако нет единого мнения в отношении клинической значимости этой разницы, распространенности, но главное – в достоверности и надёжности используемых методов измерения [2, 3, 7, 8, 18, 21]. При всём этом методы оценки разноразмерности длины ног по рентгенограммам, выполненным в положении стоя, являются признанным «золотым» стандартом. Рентгенографические данные выступают в качестве эталона при определении надёжности широкого спектра других

(мануальных и аппаратных) методов измерения разницы в длине ног и асимметрий пояснично-тазового региона [2, 7, 8, 17].

## 1. Техники выполнения постуральных рентгенограмм

В основном выделяют 4 типа рентгенологических методов, применяемых для определения разницы в длине ног: телерентгенография, орторентгенография, сканография и компьютерная томография [13].

Телерентгенография является одномоментным запечатлением на снимке нижних конечностей обследуемого снизу доверху пациента в положении стоя с помощью нескольких кассет, расположенных одна над другой. При этом нижние конечности находятся на одном снимке с изображением позвоночного столба. Для расчёта длин конечностей изме-

рительная линейка помещается по краю кассеты с плёнкой и служит в качестве размерного маркера [31, 34]. Stanitski указывал на такие достоинства телерентгенографии как возможность оценки угловых деформаций во фронтальной плоскости и несоответствия длины конечностей (всё на одном снимке) [34]. Недостатками метода являются потеря точности у пациентов со сгибательными контрактурами в тазобедренных и коленных суставах и наличие ошибки, связанной с увеличением [31, 34]. Stanitski [34] приводит среднюю величину ошибки увеличения, равную 6%, что несложно корректировать путём помещения на плёнку маркера стандартной длины и затем увеличения полученных размеров в соответствии с известным размером маркера. Manello считает, что телерентгенография подходит для обследования детей, но не практична для обследования взрослых в связи с потребностью в длинной плёнке и искажением лучей, возникающим из-за расстояния между центром источника излучения на периферийных отделах плёнки [31].

Орторентгенография является попыткой избежать ошибки, связанной с фактором искажения при проведении телерентгенографии, с помощью использования отдельных снимков тазобедренных, коленных и голеностопных суставов на одну длинную плёнку. Эталонная измерительная линейка таким же образом помещается на плёнку для измерения длин сегментов нижних конечностей. Орторентгенография имеет тот же недостаток, что и телерентгенография в плане обследования пациентов со сгибательными контрактурами суставов: случайные движения пациентов, происходящие между снимками, могут также привести к ошибке измерения [34].

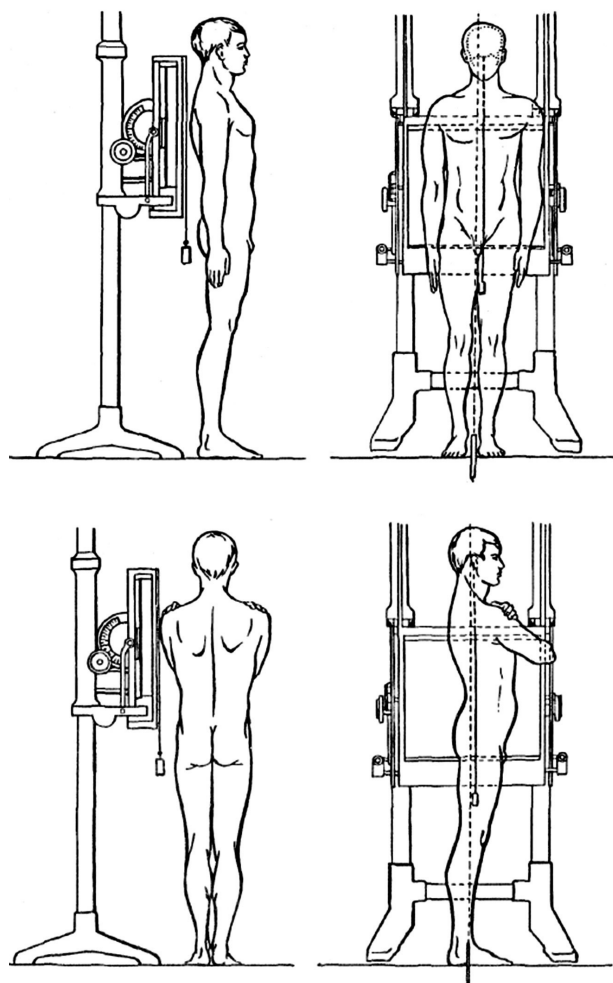
G. Gutman в 1954-м году [20] предложил технику рентгенологического исследования пояснично-тазового региона в положении стоя с применением основного («базисного») и «головного» отвесов (Рис. 1). Для этого перед штативом рентгеновской решётки (бленды) на полу с помощью строительного отвеса обозначается точка, соответствующая середине кассеты. Из неё на горизонтальной поверхности пола или на специальной площадке для стоп проводится линия, перпендикулярная плоскости кассеты. Пациент устанавливает стопы симметрично, непосредственно вдоль этой линии, нагружая ноги также симметрично. Опущенный из середины кассеты отвес приходится на линию между пятками. Это «базисный» или основной отвес. Затем на кассету крепится подвижный отвес с рентгеноконтрастной нитью (металлической струной). Техник поднимает кассету до затылка пациента, сдвигает подвижный отвес точно под середину затылка и делает снимок головы и верхнегрудного отдела позвоночного столба. Затем кассету без боковых смещений опускают на поясничную область и таз. При этом центральный луч фокусируется на уровне пупка (уровень L3). В случае центровки луча на базисе крестца особенно чётко визуализируются тазобедренные суставы. На выполненных таким способом рентгенограммах в прямой проекции тень металлической струны указывает на положение головы («головной» отвес) относительно сагиттальной плоскости в области таза (Рис. 1).

На полученной таким методом рентгенограмме по касательным к наиболее высоким точкам головок бедренных костей проводятся горизонтальные линии. Вертикальное расстояние между этими горизонтальными линиями определяется с точностью до 1 мм. Затем полученное расстояние преобразуется в реальную величину с использованием масштабирования путём определения проекции делений металлической линейки на плёнку (линейка приклеивается к краю рамки). Это реальное значение разницы между положением головок бедренных костей считается разницей длины нижних конечностей. Следует отметить, что при небольших различиях в длине ног такой метод не позволяет с высокой степенью достоверности дифференцировать

структурные либо функциональные укорочения нижней конечности.

Аналогичным образом в боковой проекции пациент устанавливает стопы перпендикулярно линии на полу (соответствующей середине кассеты). Его лодыжки должны располагаться на ширину пальца кзади от этой линии «базисного» отвеса. «Головной» отвес устанавливается напротив наружного слухового прохода.

**Рисунок 1. Техника рентгенографии пояснично-тазового отдела в положении стоя [20]**



Недостатком такой техники рентгенографии является слишком узкая установка стоп (медиальные края стоп касаются друг друга). Однако при малой площади полигона опоры повышена возможность случайных колебаний тела пациента во время выполнения снимка. Это может приводить к дополнительным погрешностям при измерении длины ног и степени асимметрий тазового кольца.

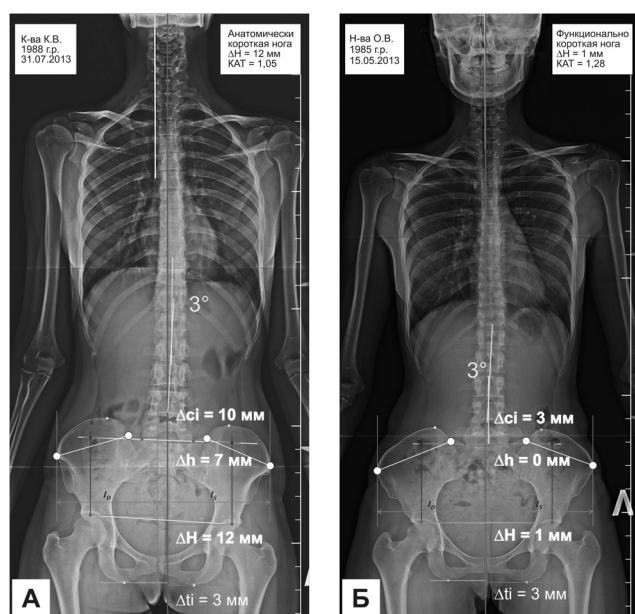
O. Friberg модернизировал технику Гутманна и предложил рентгенологический метод, констатирующий неравенство длины конечностей при минимальной дозе облучения [12]. При этом проводится снимок только на уровне тазобедренных суставов пациентов в положении стоя. Разница в длине нижних конечностей определяется как разница в высоте стояния головок бедренных костей (по соотношению горизонтальных линий, проведённых от наивысших точек головок бедренных костей). Два исследования [12, 29] показали незначительную среднюю ошибку измерения при проведении повторных замеров по этому методу. Метод Гутманна в современном понимании (модернизация Фрайберга) – это сканография, где используется та же про-

цедура, что и при орторентгенографии, но размер плёнки уменьшен благодаря последовательному смещению кассеты вниз перед каждым следующим снимком [34]. Сканография, таким образом, обладает теми же достоинствами и недостатками, что и орторентгенография.

Важнейшим достоинством компьютерной томографии является минимальная доза облучения. В плане определения разности длины конечностей точность компьютерной томографии не превосходит точность стандартной рентгенографии, за исключением исследования пациентов со сгибательными контрактурами в тазобедренных и коленных суставах [34]. Соответственно, применение этого дорогостоящего метода исследования может быть оправдано лишь при наличии контрактур либо необходимостью снизить дозу облучения.

Современные рентген-установки при центрировании луча на уровне базиса крестца позволяют получать высококачественные снимки и компьютерные масштабированные файлы постуральных рентгенограмм для соответствующих высокоточных расчётов (Рис. 2). При этом роль «базисного» отвеса может играть металлическая спица, приклеенная скотчем к краю центра рамки в строго вертикальном положении. Линия «головного» отвеса наносится на экране компьютера путём опускания вертикали из зуба C2 (красная линия на Рис. 2).

**Рисунок 2. Асимметрии тазового кольца при анатомически (А) и функционально (Б) «короткой ноге»**



## 2. Точность и воспроизводимость постуральных рентгенограмм

В исследованиях, проведённых в последние десятилетия, было показано, что точность измерений разницы длины ног при постуральной рентгенографии лежит в пределах 3 мм [9, 11, 27]. Однако подобный метод рентгенографии имеет несколько внутренних факторов, способных приводить к ошибкам измерения. G.R. Clarke изучал эффект влияния изменения расстояния между источником излучения и плёнкой на получаемые данные [9]. В качестве объекта был использован скелет человека с изменениями, отражающими укорочение одной конечности на 20 мм на уровне головки бедренной кости и ротацией подвздошной кости на 15°. Рентгенограммы выполнялись с расстояния 100 см и 200 см с перемещением источника излучения по вертикали на 5 см. Рентгенограммы с расстояния 200 см имели большую точность (0-3 мм), чем при расстоянии 100 см.

U.M. Kujala и др. изучили эффект от нахождения источника излучения на разной высоте при проведении рентгенографии всей нижней конечности [27]. Сначала рентгенография проводилась при нахождении источника излучения на высоте головок бедренных костей. Затем фокус смещали вниз на уровень коленных суставов без подстройки по горизонтали (например без учета вальгуса в коленном суставе). В результате этих исследований был сделан вывод об отсутствии ошибок измерений в вертикальной проекции. Ошибка в горизонтальной проекции в 10,5% приводила к завышению значений углов в коленных суставах в сторону варуса только на 0,7%. По данным этих исследований, можно заключить, что точность измерения можно повысить путём увеличения расстояния от источника излучения до кассеты до 200 мм и центрацией источника излучения в горизонтальном направлении в соответствии с исследуемой анатомической областью.

Положение стоп было отмечено как важнейший фактор, влияющий на точность рентгенографии. Было показано, что установка стоп с расстоянием между пятками в 15-20 см увеличивает точность измерения [11, 14]. Такая позиция стоп создаёт параллелограмм между тазобедренными суставами и стопами (биомеханически функциональная позиция), что уменьшает ошибку, связанную с перераспределением веса тела с ноги на ногу или переднезадним качением в тазобедренных суставах, и сохраняет истинное относительное расположение передневерхних остей таза по вертикали [11]. L.G. Gilles и J.R. Taylor рекомендовали при рентгенографии в положении стоя использование стандартных меток для установки босых стоп с дистанцией между пятками в 15-20 см [14]. По их мнению, в этом случае стопы устанавливаются по линии тазобедренных суставов. Они отметили, что при такой установке стоп средняя ошибка метода составила 1,12 мм. Согласно литературным данным и нашим наблюдениям, функциональная позиция стоп требует соблюдения не только стандартного расстояния между пятками, но и стандартного разворота медиальных краёв стоп под углом 10-12° [5, 30].

Надёжность данных постуральной рентгенографии изучалась в ряде исследований [13, 29]. O. Friberg и др. [13] нашли, что средняя ошибка при повторных замерах составляет 0,6 мм (от 0 до 2,0 мм), хотя параметры, использованные в данном исследовании для статистики, были освещены недостаточно. J. Leppilahti и др. исследовали рентгенограммы 15 пациентов, сделанные дважды в течение одного дня [29]. Средняя величина ошибки повторных измерений была равна 1,0 мм, то есть находилась в диапазоне от 0 до 2,0 мм с коэффициентом корреляции, равным 0,96, что является допустимой надёжностью любого метода измерения.

Обычно для диагностики разнорелиефности длины ног постуральные снимки делаются в положении стоя босиком. Однако некоторые авторы предпочитают использовать рентгенографию таза в прямой проекции в обуви пациента [13]. Используемая этими авторами техника схожа с ранее описанным методом [12, 14]. В подобных случаях при получении рентгенографического снимка просят пациента обследоваться в обуви, которую он обычно носит со вставленными внутрь ортезами стопы, так как и обувь, и ортезы могут изменять положение стопы и, соответственно, функциональную длину конечности [17]. Пациента просят стоять в удобной для него позе с привычным разворотом стоп и выпрямленными коленными суставами. Ягодицы слегка касаются плоскости кассеты, что позволяет минимизировать возможную ротацию таза в горизонтальной плоскости. Рентгеновский источник устанавливается на расстоянии 200 см и фокусируется по средней линии тела чуть выше уровня больших вертелов. Металлическая линейка устанавливается вдоль оси бедра латеральнее большого вертела, а металлическая цепочка, свободно закреплённая наверху кассеты, свешивается вниз и служит ориентиром вертикали.

Таблица 1. Рентгенологические признаки девиаций на постуральных рентгенограммах (по M.L. Kuchera 2011)

Рентгенологическая находка, признаки	Оптимальная рентгенологическая проекция	Последствия / Комментарии
<b>Врождённые аномалии</b>		
Поперечные отростки, напоминающие по форме крылья летучей мыши	Переднезадняя пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> может нарушать механику суставов, возможно возникновение болей и воспаления при рудиментарном суставе между L5 и подвздошными костями, изменяет положение базиса крестца. <b>Рентгенологически:</b> в некоторых случаях невозможно точно измерить наклон базиса крестца
Сакрализация L5 Частичная сакрализация (синдром Bertolotti)	Переднезадняя и боковая пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> укорочение поясничной дуги (n = 4), что приводит к повышенной функциональной нагрузке в данном сегменте и увеличивает вероятность развития дегенеративного спондилолистеза L4. <b>Рентгенологически:</b> невозможно измерить тазовый индекс или пояснично-крестцовый лордотический угол
Люмбализация S1	Переднезадняя и боковая пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> удлинение поясничной дуги (n = 6) приводит к уменьшению стабильности и увеличению частоты болей в пояснице. <b>Рентгенологически:</b> невозможно измерить тазовый индекс
Незаращение дужек позвонков	Переднезадняя пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> может ничего не означать, однако может быть знаком других аномалий задней части позвоночника; поясничные мышцы могут прикрепляться и, следовательно, функционировать по-другому; часто внешне небольшой пучок волос в области позвоночника
Суставной тропизм фасеток	Переднезадняя и боковая пояснично-крестцовая	Настолько часто встречающаяся патология, что большинство рентгенологов даже не сообщают о ее наличии («наиболее часто встречающаяся аномалия позвоночника»); функциональная асимметрия может давать различные клинические проявления
Горизонтализация сочленения L5-S1 Фасеточные суставы с признаками листеза	Боковая пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> снижение кривизны дуги поясничного отдела. Экстремум дуги находится на уровне ниже, чем в норме, вследствие того, что позвоночник находится в фиксированном положении
Уменьшение размеров одной половины таза	Переднезадняя тазовая	<b>Клинически:</b> может быть связано с укорочением конечности и/или фронтального профиля тела на одноименной стороне; может приводить к функциональному сколиозу в положении сидя (и другим соответствующим симптомам)
Клиновидные позвонки	Переднезадняя пояснично-грудная	<b>Рентгенологически:</b> влияет на процесс изменения угла Кобба
<b>Приобретенные девиации</b>		
Спондилолиз	Косая пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> может протекать бессимптомно, но обычно связан с увеличением нагрузки и в перспективе с декомпенсацией в сагиттальной плоскости; предшествует спондилолистезу
Спондилолистез сегмента L5-S1	Боковая и косая пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> потеря костной непрерывности дуги позвоночного столба в сочетании с типичным постуральным смещением кпереди линии переноса веса тела вызывает перегрузки и деформации дорсальных удерживающих структур и постуральных мышц; II степень смещения по Meyerding; часто сопровождается напряжением мышц задней поверхности бёдер. <b>Рентгенологически:</b> ищите также в месте спондилолиза другие признаки кальцификатов, указывающих на деформацию «Шотландского терьера»
Дегенеративный спондилолистез L4-L5	Боковая пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> очень часто перерастянутые мышцы задней поверхности бёдер (хамстринги)

Ротосколиоз	Переднезадняя пояснично-грудная	<b>Клинически:</b> болевая симптоматика, типичная для ротосколиотических деформаций. <b>Рентгенологически:</b> может искажать стандартные проекции (например, переднезадняя проекция может перейти в косую проекцию позвоночника)
Истончение диска	Боковая пояснично-крестцовая	<b>Клинически:</b> уменьшает гомеостатический резерв, способствует формированию отёчности в области межпозвонковых отверстий, что может приводить к прогрессирующей радикулопатии или нестабильности позвоночного столба. <b>Рентгенологически:</b> возможно, необходимо провести функциональные снимки (сгибание-разгибание) для поиска нижнего уровня сопутствующего дегенеративного спондилолистеза или ретролистеза
Артрит фасеточных суставов	Переднезадняя и боковая	Особенно часто наблюдается при смещении кзади линии переноса веса тела
Наклон базиса крестца	Переднезадняя пояснично-крестцовая	Часто является причиной функциональных сколиотических девиаций в вышележащих отделах позвоночного столба; девиации во фронтальной плоскости, как правило, связаны с ротационными изменениями
Шпоры при остеоартрозе, деформации межпозвонковых отверстий в виде восьмерки; обызвествление связок (например, подвздошно-поясничной)	Косая, а также другие проекции	<b>Клинически:</b> структурные признаки долгосрочных функциональных потребностей (закон Вольфа), но сами по себе могут протекать совершенно бессимптомно. <b>Рентгенологически:</b> должны вызывать подозрение о наличии постурального стресса, требующего коррекции осанки
Перелом(ы)	Множественные снимки; оптимальной является косая проекция, а также, возможно, другие проекции	<b>Клинически:</b> может вызывать рефлекторное выпрямление изгибов позвоночного столба как результат мышечного спазма. <b>Рентгенологически:</b> невозможность точно оценить основные лордотические углы в результате выпрямления позвоночного столба

### 3. Общий анализ постуральных рентгенограмм

Измерения, полученные при оценке рентгенограмм, выполненных в положении стоя, могут интерпретироваться согласно общепринятой в мануальной и остеопатической медицине постуральной модели. Эта модель предполагает, что статические результаты постуральных рентгенограмм будут коррелировать с различными динамическими аспектами клинического обследования, включая пальпацию, а также могут быть использованы для выявления структурно-функциональных и постурально-биомеханических взаимосвязей. К соматическим нарушениям, которые вносят наибольший вклад в создание значительной постуральной асимметрии на таких снимках, относятся:

- ▶ смещение крестца (унилатеральная флексия крестца) [24];
- ▶ смещение тазовых костей (например, соскользнувшая вверх подвздошная кость – «upslip» [33]);
- ▶ спазм подвздошно-поясничных мышц [22];
- ▶ спазм квадратных мышц поясницы [36];
- ▶ ротация тазовых костей [2].

При анализе данных рентгенограмм рассматривается ряд признаков, которые могут быть или не быть клинически значимыми. Примеры типичных аномалий крестцово-поясничного отдела позвоночника, которые проявляются рентгенологически и могут иметь значимое потенциальное влияние на формирование постуры, приведены в Таблице 1. Некоторые из этих аномалий усложняют выбор анато-

мических ориентиров, используемых при проведении измерений и интерпретации постуральных рентгенологических данных.

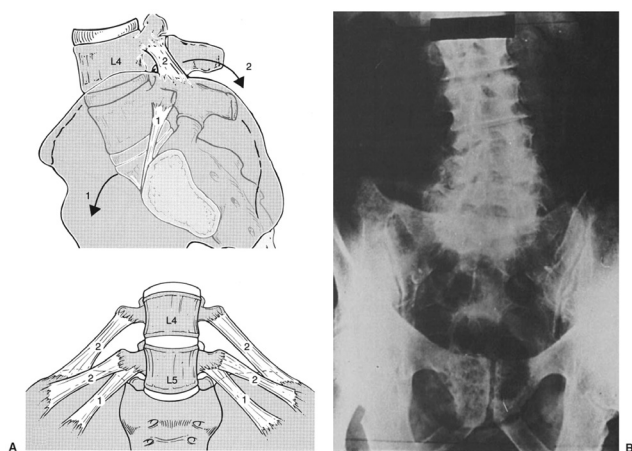
Выявлено, что определённые из вышеуказанных девиаций могут быть связаны с болями в пояснице или нарушениями стабильности; другие считаются случайными, незначимыми клинически аномалиями, но могут рассматриваться как факторы риска; а некоторые потенциально усложняют ситуацию у тех пациентов, которым поставлен диагноз регионарной нестабильности.

### 4. Анализ переднезадних пояснично-тазовых постуральных рентгенограмм

Наиболее полно анализ постуральных рентгенограмм описан L. M. Kuchera [21]. Переднезадняя проекция рентгенограммы в положении стоя содержит постуральные данные об отклонениях во фронтальной и горизонтальной плоскостях. Такой функциональный снимок особенно важен для оценки степени наклона базиса крестца, структурной длины ног и ротации таза пациента в положении с нагрузкой весом тела. Эти измерения являются основными данными, определяющими такое типичное последующее лечение как подъём стопы короткой ноги «коском» (лифт-терапия) для оптимизации постуры пациента [3]. Следует обратить внимание на «огрубение» гребней подвздошных костей в местах прикрепления подвздошно-поясничных связок и/или отложение кальция в этих связках (Рис. 3), так как эти факторы являются маркерами постурального стресса [28].

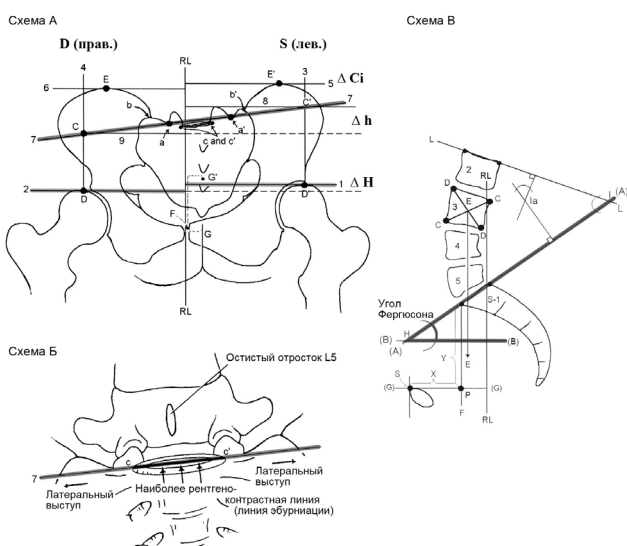
Общие измерения, связанные с анализом положения таза во фронтальной плоскости, включают в себя сопоставление горизонтальных линий 6 и 5 (гребней подвздошных костей) и головок бедренной кости (линии 1, 2) левой и правой половин таза. Эти горизонтальные линии количественно определяют степень структуральной асимметрии данных анатомических структур. Линия основания крестца (линия 7-7) используется для того, чтобы определить наклон базиса крестца наименее интуитивным способом (Рис. 4).

**Рисунок 3. Билатеральная нутация крестца напрягает волокна связок, отмеченные цифрой**



**А** – ротация подвздошных костей кзади билатерально напрягает волокна связок под цифрой;  
**В** – случаи кальцификации подвздошно-поясничной связки являются отличительным признаком структурных изменений, происходящих в результате избыточной функциональной перегрузки [21]

**Рисунок 4. Измерения поструральных рентгенограмм пояснично-тазового региона**



**А** – таз (переднезадняя проекция); **Б** – варианты ориентиров для измерения наклона базиса крестца; **В** – измерения на боковой проекции [21]

Данная линия (7-7) продолжается до её пересечения с вертикальными линиями, которые восстанавливаются сверху из наиболее высоких точек головок бедренных костей [8, 24]. Уровень наклона базиса крестца ( $\Delta h$ ) определяется как разница высот наклона левой и правой половины этой линии (экстраполированной до пересечения с верти-

кальными линиями наивысших точек головок бедренных костей). Считают, что при этом погрешность измерения наклона базиса крестца с использованием данного рентгенографического протокола составляет  $\pm 0,75$  мм [36]. Вариабельность измерений с использованием различных анатомических ориентиров (линии эбурнеации, или мест примыкания боковых масс крестца, или же мест примыкания крестца к гребням подвздошных костей, либо по дугоотростчатым соединениям – Рис. 4Б) для определения степени наклона основания крестца составляет до 2 мм [24, 36]. Таким образом, выбранные реперные точки должны иметь наименьшую погрешность, а их ориентиры должны определяться наиболее легко и точно [17, 15, 35].

Считают, что наклон основания крестца имеет большее клиническое значение, чем сама по себе разница анатомической длины ног [17, 21], так как основные компенсаторные скелетно-мышечные дисфункции непосредственно связаны со степенью наклона базиса крестца [21]. В частности, наклон базиса крестца предполагает дисфункции крестцово-подвздошных сочленений, торсию крестца, а в осевом скелете – формирование компенсаторной сколиотической S-образной дуги с длинным и коротким плечом. При боковом наклоне базиса крестца, как правило, возникает компенсаторный наклон и ротация тел позвонков L4 и L5 относительно S1 с формированием на этом уровне некоторой сколиотической дуги. В этой ситуации подвижность позвонков L5-L4 будет функционально ограничена, что в долговременной перспективе может приводить к различным болевым синдромам в области поясничного отдела позвоночного столба. Как уже указывалось [3], базис крестца только приблизительно в 50% случаев наклонён в сторону анатомически короткой ноги. Соответственно, степень и направление компенсаторных сдвигов в поясничном отделе позвоночника могут сильно варьировать, что несомненно будет отражаться в выраженности и локализации возможных болевых синдромов поясницы.

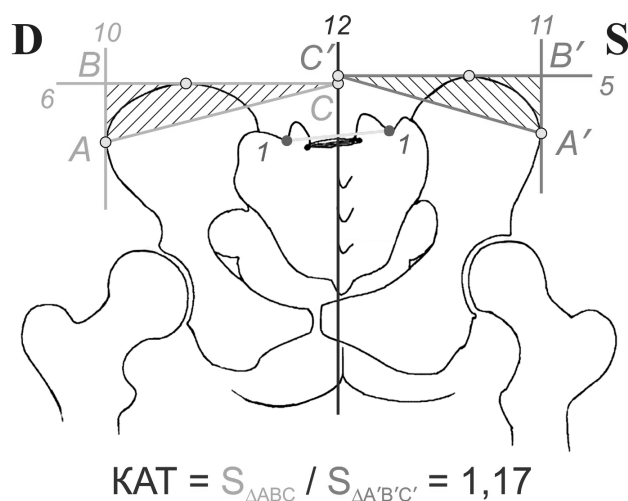
Принято считать, что в большинстве случаев (без сопутствующей дисфункции тазового кольца) результаты измерений стояния гребней подвздошных костей, головок бедренных костей и наклона основания крестца будут примерно одинаковыми [21]. Однако при больших индивидуальных девиациях может оказаться, что гомеостатические адаптации тазового кольца могут быть избыточными и недостаточно адекватными. Это приводит к избыточному наклону основания крестца, который превосходит разницу высот стояния головок бедренных костей [16]. Типичный пример таких несоответствий девиаций тазового кольца при «анатомическом» и «функциональном» укорочении конечности представлен на Рис. 2 [4].

Ротация таза в горизонтальной плоскости определяется с качественной точки зрения: при рассмотрении асимметрии запирающих отверстий (Рис. 4). Эта ротация может быть также количественно определена при измерении расстояния между линией лобкового симфиза (линия RL) и теневой линией G, представляющей воздух в ягодичной складке, или же линией G', проведённой по остистым отросткам крестца [29]. Направление ротации таза определяется по направлению, в котором движется передняя часть таза (лобковый симфиз). Например, на Рис. 4А таз ротирован влево в горизонтальной плоскости.

Вышеизложенный протокол оценки различных девиаций в переднезадней проекции не предусматривает как таковой количественной, интегральной оценки степени асимметричности левой и правой половин тазового кольца. Это не позволяет сравнивать пациентов между собой в количественном плане по степени их асимметричности. Сравнение величин предлагаемых отрезков, соединяющих различные реперные точки левой и правой половины таза (Рис. 4А), не отражает общую асимметричность расположения крыльев таза. Однако при анализе рентгенограмм, выполненных в положении стоя, визуальная асимметрич-

ность размеров крыльев левой и правой подвздошных костей бросается в глаза (Рис. 2). Известно, что при формировании «скрученного» таза возникают трёхплоскостные изменения: одна подвздошная кость смещается кпереди вниз и кнаружи, а другая – кзади вверх и кнутри [1, 2]. Нами [6] на базе имеющейся схемы оценки рентгенограмм таза (Рис. 4) был предложен оценочный параметр: «коэффициент асимметрии таза» (КАТ), который позволяет учитывать особенности смещения подвздошных костей при «скрученном» тазе и предполагает проводить количественную оценку степени асимметричности тазового кольца на постуральных рентгенограммах. КАТ показывает, на сколько процентов одна половина таза (крыло) отличается от другой (по сопоставлению площадей треугольников, выстраиваемых на крыльях подвздошных костей левого и правого полутаза по предлагаемым нами реперным точкам, (Рис. 5). На Рис. 5 КАТ = 1,17, то есть площадь правого треугольника на 17% превышает площадь аналогичного треугольника левой половины таза.

**Рисунок 5. Количественная оценка асимметричности тазового кольца по КАТ [6]. А и А' – наиболее латеральные точки крыльев подвздошных костей, обнаруживаемые при проведении вертикальных касательных линий 10 и 11; линия 12 – вертикаль из середины базиса крестца**



При анализе постуральных рентгенограмм пациентов с анатомически короткой ногой ( $X=7,83$  мм,  $n=30$ ) КАТ составил в среднем 1,15 (1,05-1,41), а у пациентов ( $n=35$ ) с функционально «короткой» ногой КАТ составил в среднем 1,14 (1,01-1,58) [6]. Выше названные сравнительные данные по КАТ указывают на то, что асимметричность тазового кольца на постуральных рентгенограммах при относительно небольших величинах разновеликости длины ног (5-15 мм) в первую очередь зависит не от анатомической разницы в длине ног, а от дисбаланса мышц, фиксирующих на костях таза. Эту же точку зрения поддерживают и другие авторы [1].

### 5. Анализ боковых пояснично-тазовых рентгенограмм

Боковой снимок таза в положении стоя предоставляет информацию для определения нескольких постуральных показателей в сагиттальной плоскости (Рис. 4В, 6, 7). Они включают угол наклона основания крестца (угол Фергюсона), линию весовой нагрузки (ЛВН) вертикально от центра L3 на основание крестца (линия E-E), поясничные лордотические углы и тазовый индекс. Нормативные значения этих объективных показателей приведены на Рис. 6 и 7.

На боковой проекции (Рис. 4В) угол между горизонтальной линией и краниальной поверхностью базиса крестца

известен как «угол Фергюсона». В 1934-м году Фергюсон показал, что этот угол значительно изменялся при сравнении рентгеновских снимков пациентов в положении стоя и лёжа [32]. Он отметил, что под влиянием гравитационной нагрузки происходила нутация крестца, и этот угол уменьшался. Однако у лиц с болями в пояснице эти изменения были парадоксальными. В норме угол Фергюсона в положении стоя составляет приблизительно  $42^\circ$ . Если этот угол больше  $52^\circ$ , то вертикальные силы давления могут вызывать болевой синдром в пояснично-крестцовом сочленении [32].

Идеальная линия весовой нагрузки (Рис. 4В), ранее описанная как проходящая несколько кпереди от латеральной лодыжки, на постуральной рентгенограмме может быть представлена рентгеноконтрастной линией, образованной проекцией металлической струны отвеса на рентгеновскую пленку. Эта эталонная линия может использоваться для оценки расположения центра тяжести тела (середина тела позвонка L3) по отношению к латеральной лодыжке голеностопного сустава, основанию крестца и головке бедренной кости. В идеале воображаемая линия весовой нагрузки, опускаемая от центра тела позвонка L3, должна проходить через переднюю треть основания крестца (Рис. 4В, линия E-E). Если эта линия проходит кзади от основания крестца, суставные поверхности поясничных позвонков будут испытывать повышенную нагрузку. Соответственно, в перегруженных суставных поверхностях позвонков могут выявляться артротические изменения в виде эбурнеаций (зон повышенной плотности) этих суставов, особенно в том случае, когда значительные перегрузки продолжают в течение длительного времени (Рис. 6).

ТИ (тазовый индекс, Рис. 7) является расчётным коэффициентом, который количественно отражает положение подвздошных костей относительно крестца (Рис. 6). Нормальные значения ТИ, как правило, менее 1,00. С увеличением возраста пациента [20] этот постурально зависимый коэффициент увеличивается, но даже у молодых субъектов ТИ в определённых условиях может превысить 1,00. Было зарегистрировано увеличение ТИ в некоторых группах пациентов, в том числе у спортсменов с повышенной функциональной нагрузкой в сагиттальной плоскости [23], пациентов с хроническими болями в пояснице [20] и пациентов со спондилолистезом L5-S1 [22]. Пациентов с очень высокими значениями ТИ для своего возраста необходимо обследовать на наличие спондилолиза или спондилолистеза. В то же время были выявлены низкие показатели ТИ для своего возраста у пациентов с дегенеративным спондилолистезом L4-5 (Рис. 7) [26].

Лордотические углы являются объективными показателями поясничного лордоза (Рис. 7) [10]. Выявление гиперлордоза имеет значение при оценке пациентов с постуральными проблемами в сагиттальной плоскости. Некоторые из этих показателей могут в конечном счете оказаться значимыми, в то время как другие никогда не будут иметь важного клинического значения. Рентгенологически поясничный лордоз часто оценивается как нормальный, увеличенный или уменьшенный. Он может быть определён количественно при измерении угла, который образуется линиями вдоль верхней границы L2 и S1 (пояснично-крестцовый лордотический угол) или верхней границы L2 и нижней части L5 (пояснично-поясничный лордотический угол) [10]. Среднее значение этих углов составляет  $60^\circ$  и  $43^\circ$  соответственно [25].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постуральные рентгеновские снимки, сделанные в соответствии со стандартизированным протоколом (фиксированным расположением стоп, заблокированными в нейтральном положении коленями, соответствующим положением рук), могут быть точно оценены рентгенологами или лечащим врачом для получения информации

Рисунок 6. Измерения в сагиттальной плоскости постуральных рентгенограмм в положении стоя (адаптировано из [21])

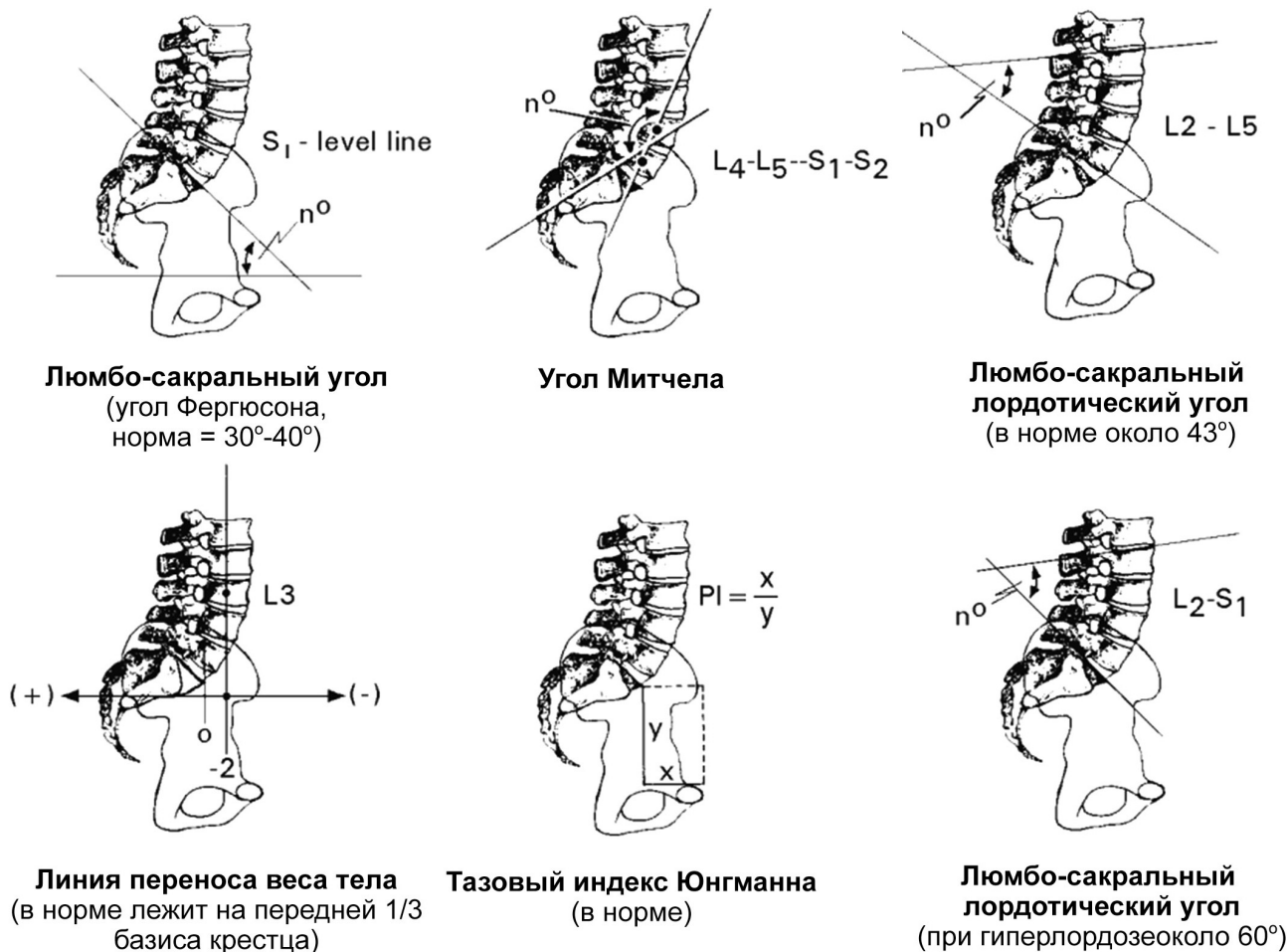
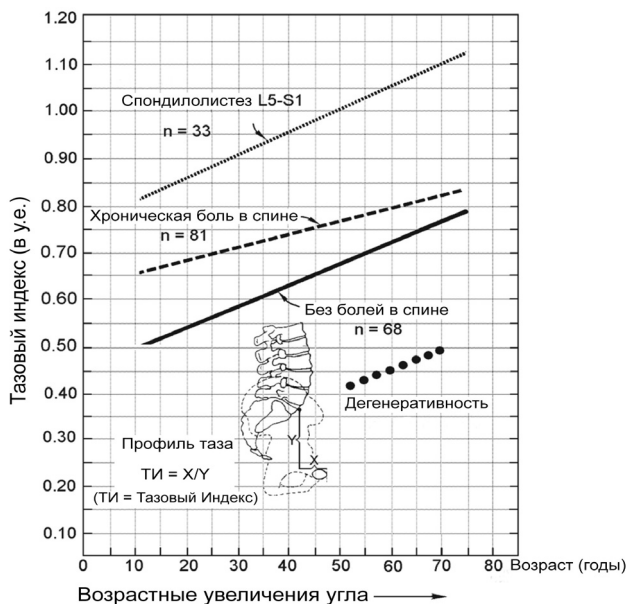


Рисунок 7. Тазовый индекс (адаптировано из [21])



о статическом функциональном положении тела. Описанный протокол обеспечивает быстрый анализ получаемых рентгенограмм, что делает его практичным даже в рентгенологических отделениях с большим потоком пациентов. При постуральных рентген-снимках телу пациента придается положение, в котором на него действует весовая нагрузка (функциональный снимок). Такой снимок выполняется с независимой рентгеноконтрастной вертикальной

контрольной линией. Эта линия всегда должна проходить перпендикулярно поверхности площадки для установки стоп пациента.

Во то же время отсутствие стандартного протокола обследования делает многие измерения на рентгенограммах, выполненных в положении стоя, бесперспективными с точки зрения постановки точного постурального диагноза, динамических наблюдений за пациентом или исследований. Преимущества использования стандартного протокола для проведения и маркировки рентгенологических снимков положения тела были широко изучены с точки зрения воспроизводимости результатов, их достоверности и клинической значимости. При использовании приведенного протокола получения и описания постуральных рентгенограмм ошибки стандартных измерений приемлемо малы и достаточно постоянны. В среднем для линейных размеров ошибка составляет менее 1,0 мм, при максимальной ошибке в 2,0 мм и 2° для угловых измерений, что обеспечивает приемлемую точность результатов при оценке рентгенограмм. Подобные незначительные погрешности измерений позволяют рекомендовать использование постуральных рентгенограмм (с учётом вышеописанных особенностей техники получения снимка и его анализа) в качестве «золотого» стандарта оценки постуральных девиаций в области пояснично-тазового региона.

«Журнал исследований стопы и голеностопного сустава»  
(Journal of Foot and Ankle Research),  
2014, 7:53 – doi:10.1186/s13047-014-0053-6).

Список литературы доступен по запросу в редакции