



## Кости и суставы | Bones and joints

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1245>

## Эталон для измерения относительных величин структур позвоночника взрослых

© Орел А.М. \*, Семенова О.К.

ГАУЗ “Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗ города Москвы”; 105120 Москва, ул. Земляной Вал, д. 53, Российская Федерация

В работе предложен метод измерения относительных величин линейных размеров структур позвоночника, которые необходимы для сравнения результатов, полученных с цифровых и обычных рентгенограмм, имеющих разный масштаб.

**Цель исследования:** разработать метод количественной оценки величины структур позвоночника взрослых пациентов в относительных единицах измерения.

**Материал и методы.** На примере группы из 141 пациента (от 21 года до 88 лет) при тщательном соблюдении одинакового увеличения цифровых рентгенограмм было показано, что метрическая длина отрезка касательной к изображению нижнего контура тела позвонка  $C_1$  – эталон  $\delta rel$  – не имеет возрастного тренда.

**Результаты и обсуждение.** Выявлено, что соотношение размеров эталона  $\delta rel$  (отрезка  $\delta rel$ ) и отрезка касательной к изображению верхнего контура крестца (отрезка  $s$ ) не зависит от возраста, в среднем равно 2,1 и может быть приблизительно вычислено по формуле  $\delta rel = s/2,1$ . На примере группы из 64 пациентов, взятых из той же когорты обследованных (от 21 года до 88 лет), разделенной на 4 возрастные группы в соответствии с классификацией ВОЗ, показано, что относительный вертикальный размер позвоночника уменьшается с возрастом. Разница средних относительных значений вертикального размера позвоночника в I и в IV возрастных группах составила 3,75  $\delta rel$ . Также продемонстрирован относительный вклад каждого отдела позвоночника в это уменьшение.

**Заключение.** Предлагаемая относительная единица измерения “ $\delta rel$ ” может быть использована в качестве универсальной меры длины независимой от масштаба и способа получения рентгеновского изображения для измерения и сравнения структур позвоночника у взрослых в любом возрасте.

**Ключевые слова:** позвоночник, рентгенография, эталон  $\delta rel$ , уменьшение высоты позвоночника при старении

**Источник финансирования.** Исследование не финансировалось каким-либо источником помимо средств авторов.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Исследование проведено в соответствии с Хельсинской декларацией (принята в июне 1964 г., пересмотрена в октябре 2013 г.), от каждого участника исследования получено информированное согласие.

**Для цитирования:** Орел А.М., Семенова О.К. Эталон для измерения относительных величин структур позвоночника взрослых. *Медицинская визуализация*. 2022; 26 (4): 136–146. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1245>

Поступила в редакцию: 23.07.2022.

Принята к печати: 01.11.2022.

Опубликована online: 1.12.2022.

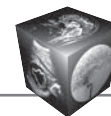
## A standard for measuring the relative spine values of adults

© Aleksander M. Orel\*, Olga K. Semenova

Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; 53, Zemlyanoi Val str., Moscow 105120, Russian Federation

The paper proposes a method for using the relative values of linear dimensions for spine structures, which are necessary to compare the results obtained from digital and conventional radiographs having different scales.

**The purpose of the study:** to develop a method for quantifying the spine structures of adult patients in relative units of measurement.



**Materials and methods.** Using digital spine radiographs of 141 patients (from 21 to 88 years old), with careful observance of the same magnification, it is shown that the metric length of the segment tangent to the image of the vertebral body C<sub>7</sub> lower contour – the órel standard – has no age trend.

**Results and discussion.** The ratio of segment tangent to the image of sacrum upper contour (segment s) and órel standard dimension also does not depend on age and is on average equal to 2.1. So the segment can be approximately calculated as  $\text{órel} = s/2.1$ . A group of 64 patients, from 21 to 88 years old, taken from the general cohort is divided into four age subgroups according to the WHO classification. It is shown that relative vertical spine size decreases with age. The difference in average relative vertical spine size for the first and the fourth age subgroups was 3.75 órels. The relative contribution of each spine part to the decrease is also demonstrated.

**Conclusion.** The proposed relative unit of measurement “órel” can be used as a universal measure of length, independent of the scale and method of obtaining an X-ray image for measuring and comparing the structures of the spine in adults at any age.

**Keywords:** spine; radiography; “órel” dimensional segment; spine reduction with aging

**Funding.** The study was not funded by any source.

**Conflict of interest.** The authors declare no obvious and potential conflicts of interest related to the article publication.

**Ethical expertise.** The study was conducted in accordance with the Helsinki Declaration (adopted in June 1964, revised in October 2013), informed consent was obtained from each participant of the study.

**For citation:** Orel A.M., Semenova O.K. A standard for measuring the relative spine values of adults. *Medical Visualization*. 2022; 26 (4): 136–146. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1245>

**Received:** 23.07.2022.

**Accepted for publication:** 01.11.2022.

**Published online:** 1.12.2022.

## Введение

Традиционно центральной задачей лучевого исследования позвоночника считалось выявление морфологических признаков заболеваний, переломов, аномалий развития, дистрофических изменений, воспалительных, опухолевых и других морфологических нарушений, влияющих на функцию позвоночника, что использовалось для определения возможностей хирургического вмешательства.

Изучением особенностей позвоночника занимаются нейрохирурги, травматологи, ортопеды, вертебрологи, лучевые диагносты, специалисты восстановительной медицины, реабилитологи, врачи ЛФК, остеопаты, мануальные терапевты и многие другие специалисты, занимающиеся диагностикой и лечением позвоночника.

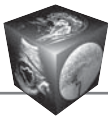
Вопрос имеет богатую историю, и исследования, проведенные ранее, предлагают ряд решений, использующихся в практике оценки позвоночника в целях клинических исследований и в нейрохирургии с помощью угловых и метрических измерений. На основе метрических измерений рентгенограмм в клиниках нейрохирургии были разработаны классификации деформаций позвоночника при идиопатическом сколиозе у взрослых. Исследуются метрические параметры позвоночника, определяющие баланс его дуг во фронтальной и в сагиттальной плоскостях. И они до сих пор служат для оценки результатов хирургического вмешательства [1–7]. Об этом пишут и другие авторы.

Однако использование относительного показателя, эталона, который отражал бы индивидуальные особенности позвоночника каждого пациента, до сих пор не предлагалось. При обзоре научной литерату-

ры аналогов подобному изобретению ни в отечественных, ни в зарубежных базах данных мы не нашли. Такой подход позволил бы сравнить метрические характеристики позвоночника у пациентов разного возраста, сделанных с помощью как аналогового, так и цифрового рентгеновского аппарата.

Современное цифровое рентгенологическое исследование позволило значительно снизить дозу лучевой нагрузки и открыло новые возможности для уточненной детальной диагностики состояния позвоночника пациента. Вместе с тем цифровое рентгенологическое исследование обнажило значимую проблему. Преимуществом цифровой рентгенографии является возможность пропорционально изменять масштаб рентгенологического изображения на экране персонального компьютера. Однако это неизбежно ведет к изменению линейных размеров исследуемых структур, что существенно, поскольку требует введения в изображение дополнительных эталонов, с помощью которых можно было бы корректно сопоставлять результаты разных рентгенологических исследований.

Расширяя границы применения рентгенологического исследования, имея возможность сравнивать рентгенологические изображения, полученные в разном возрасте у одного и того же пациента, мы вновь сталкиваемся с технической проблемой измерения структур позвоночника, полученных на разных рентгеновских аппаратах, при разных условиях рентгенографии. Хорошо известно, что на протяжении жизни положение и форма каждого позвонка у любого человека изменяются. Решая задачу определения границ нормы, нам необходимо сравнивать линейные размеры позвонков, отделов и всего по-



звоночника у каждого пациента и у других пациентов. В силу большой вариабельности и неопределенности границ нормы анатомического строения и формы позвонков количественная оценка возрастных изменений в метрических единицах не может быть призна-на абсолютно объективной. Вот почему задача разработки единицы (эталона) для относительных измерений, приобретающей свойства универсальной меры, не зависящей ни от величины и масштаба лучевого изображения, ни от особенностей конституции пациента, становится актуальной. Размеры структур, измеренных с помощью такой единицы измерения, можно сравнивать.

В качестве эталона наиболее приемлемым видится использовать те костные образования, которые легко можно найти и измерить на рентгенограмме позвоночника. Необходимо сказать, что такой подход – измерять какие-либо размеры с помощью эталона, представляющего собой часть тела человека, имеет глубокие исторические корни.

В изобразительном искусстве в разное время было предложено много систем типизации размеров и пропорций тела человека, которые получили название канон. При пользовании каноном за единицу меры принимается длина какой-либо части тела – модуль. Модулем служили: длина среднего пальца кисти (в Древнем Египте), головы (в Древней Греции), стопы, лица и другие. Автором одного из первых литературных источников, описывающих канон, был скульптор классического периода Древней Греции Поликлет. В V веке до н.э. он написал сочинение о закономерности пропорций частей человеческого тела. Одни исследователи считают, что в качестве модуля Поликлет брал ширину ладони на уровне оснований пальцев, другие – продольный размер головы. Поликлет применил свой канон в работе над статуей Дорифора (Копьеносца). Лицо в скульптурах Поликлета составляет  $1/10$ , голова –  $1/8$ , а голова с шеей –  $1/6$  часть всей фигуры человека [8].

В России издревле было принято измерение размеров любых объектов в аршинах (от персидского слова “арш” – “локоть”). Это мера длины, которая равнялась длине руки. Она была равна 71 см и измерялась на вытянутой руке по прямой от кончика среднего пальца кисти до плеча. Другой пример меры длины – вершок – равнялся длине основной фаланги указательного пальца. Использовались и другие меры длины, основанные на размерах частей тела человека [9].

Наиболее близким нам показался подход, принятый в китайской традиционной медицине, когда для поиска биологически активных точек на энергетических меридианах тела человека с целью проведения акупунктуры применяются индивидуальные меры длины: индивидуальный цунь и пропорциональный

цунь. Индивидуальный цунь измеряется по среднему пальцу кисти пациента. Для его измерения необходимо соединить концы согнутых среднего и большого пальцев левой руки так, чтобы они образовывали кольцо. За цунь принимается расстояние между внешними концами поперечных складок у II фаланги среднего пальца. Пропорциональный цунь – это расстояние от локтевой складки до складки запястного сустава пациента, он делится на 12,5 частей, каждая из которых равна одному индивидуальному цуню [10].

С точки зрения настоящего исследования интерес представляло то, что в позвоночнике человека имеется структура, которая отличается своеобразием анатомического строения от других позвонков, присутствует у всех людей, отчетливо определяется на рентгенограммах и не требует сложной техники для своего измерения. Это II шейный позвонок – аксис. В рентгенологии счет позвонков в колонне позвоночника принято начинать от аксиса. Даже у маленьких детей тело аксиса определяется отчетливо. И если появление вторичных ядер окостенения в области зуба аксиса подвержено значительным вариациям, то ядро окостенения тела аксиса первичное и диагностируется у ребенка уже при рождении, оно хорошо определяется на первых месяцах жизни человека. Мы считаем, что эта структура отражает особенности анатомического строения пациента и может служить в качестве индивидуальной мерной единицы, эталона для изучения размеров позвоночника.

**Цель исследования:** разработать метод количественной оценки структур позвоночника взрослых пациентов в относительных единицах измерения.

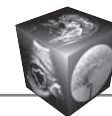
**Тип исследования:** когортное.

**Место проведения исследования.** Исследование было проведено в Московском научно-практическом центре медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы.

## Материал и методы

Случайным образом были отобраны цифровые рентгенограммы всех отделов позвоночника пациентов, обращавшихся по поводу дорсопатий. Когорту обследованных составил 141 пациент в возрасте от 21 года до 88 лет, 57 мужчин и 84 женщины. Когорта пациентов в соответствии с возрастной классификацией ВОЗ [11] была разделена на 4 группы: I – 21–44 лет (средний возраст 32,7 года) – 31 человек, II – 45–59 лет (средний возраст 52,6 года) – 39, III – 60–74 года (средний возраст 66,8 года) – 50 и IV – 75–88 лет (средний возраст 81,1 года) – 21 человек.

Критериями включения в когарту исследования было наличие цифровых рентгенограмм всех отделов позвоночника, сделанных одномоментно в соот-



ветствии с требуемыми стандартами рентгенографии. Ключевые условия рентгенографии: фокусное расстояние не менее 150 см (телерентгенография), пациент стоит у вертикальной стойки рентгеновского аппарата босиком в естественной позе, во время рентгенографии пациент фиксирует взгляд на отдаленной точке напротив глаз [12]. Критериями исключения служили грубые нарушения статики позвоночника в виде сколиоза III–IV степени, обусловленные врожденными аномалиями развития позвонков, а также наличие заболеваний, при которых лечение методами остеопатии противопоказано [13].

Важно отметить, что исследование проводилось на экране монитора персонального компьютера без участия и без дополнительного облучения пациентов. Использовались графические возможности пакета программ Microsoft Office Word 2007. Цифровые изображения каждого отдела позвоночника в сагиттальной проекции обрезались по краям, а затем при пятикратном увеличении присоединялись одно к другому. На первом шаге к рентгеновскому изображению шейного отдела присоединялось изображение грудного отдела. И затем (второй шаг) к изображению грудного отдела присоединялось изображение пояснично-крестцово-копчикового отдела позвоночника. Мы добивались полного совпадения размеров и контуров совмещаемых позвонков. Поэтому единое цифровое рентгенологическое изображение по пропорциям и форме соответствовало целому изображению всего позвоночника пациента.

С целью измерения средних размеров отделов и всего позвоночника из общей когорты были отобраны 64 единичных рентгенологических изображения позвоночника пациентов в возрасте от 21 года до 88 лет. Критерием отбора служило наличие рентгенологических изображений всех отделов позвоночника в сагиттальной проекции от основания черепа до вершины крестца. Объединенные рентгенограммы позвоночника пациентов, у которых отсутствовало рентгенологическое изображение вершины крестца, из группы исследования были исключены. Распределение по возрасту: 21–44 года – 21 человек, 45–59 лет – 14, 60–74 года – 21 и 75–88 лет – 8 человек.

На объединенное цифровое рентгенологическое изображение позвоночника каждого пациента (рис. 1) были нанесены касательные к нижнему контуру тела аксиса (отрезок  $\acute{o}rel$ ) и к контуру основания крестца (отрезок  $s$ ). С целью исследования зависимости средней величины вертикального размера позвоночника от возраста на объединенные рентгенологические изображения позвоночника 64 пациентов была нанесена вертикальная прямая, исходящая от наружного контура наружного бугра затылочной кости – затылочная вертикаль. До пересечения с за-

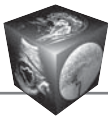
тылочной вертикалью были проведены горизонтальные прямые от вершины зуба аксиса ( $C_{II}$ ), от заднего нижнего угла изображения тела  $C_{VII}$ , от заднего нижнего угла изображения тела  $T_{XII}$ , от заднего верхнего угла изображения основания крестца ( $S_I$ ) и от вершины крестца ( $S_V$ ). Для измерений использовалась экранная линейка Window Ruler 1.1. и стандартная прозрачная линейка. Были измерены в миллиметрах величины отрезков  $\acute{o}rel$  и отрезков  $s$  у всех пациентов ( $n = 141$ ). У 64 пациентов на затылочной вертикали в миллиметрах были измерены проекционные величины вертикальных размеров, шейного  $C_{II}$ – $C_{VII}$ , грудного  $C_{VII}$ – $T_{XII}$ , поясничного  $T_{XII}$ – $S_I$  и крестцового  $S_I$ – $S_V$  отделов позвоночника, отсекаемые горизонтальными прямыми. Данные занесены в протокол исследования. Статистическая обработка данных была проведена с помощью Microsoft Office Excel 2007 и пакета программ Statistica 12.

В качестве единицы измерения для оценки относительных размеров структур позвоночника мы предлагаем взять величину нижнего контура тела II шейного позвонка. Для этого на рентгенограмме шейного отдела позвоночника в сагиттальной проекции необходимо найти тело аксиса и провести касательную прямую к его нижнему контуру. За единицу измерения мы предлагаем принять отрезок прямой, что отсекается дистальной точкой переднего контура и дистальной точкой заднего контура рентгенологической тени тела аксиса (рис. 2). Этот отрезок получил название “ $\acute{o}rel$ ” и был обозначен словом “ $\acute{o}rel$ ”. Мы обратили внимание, что величина данного отрезка у разных людей несколько отличается, но, одновременно, отражает индивидуальные особенности каждого человека.

Мерный отрезок  $\acute{o}rel$ , так же как и все другие размеры, измерялся на экране персонального компьютера в миллиметрах. Если соотнести любые измеряемые параметры на объединенном цифровом рентгенологическом изображении позвоночника, не меняя масштаб изображения, с мерной единицей  $\acute{o}rel$ , мы получаем безразмерную относительную величину, и эти относительные величины уже можно сравнивать у разных людей, в разном возрасте и при проведении различных исследований.

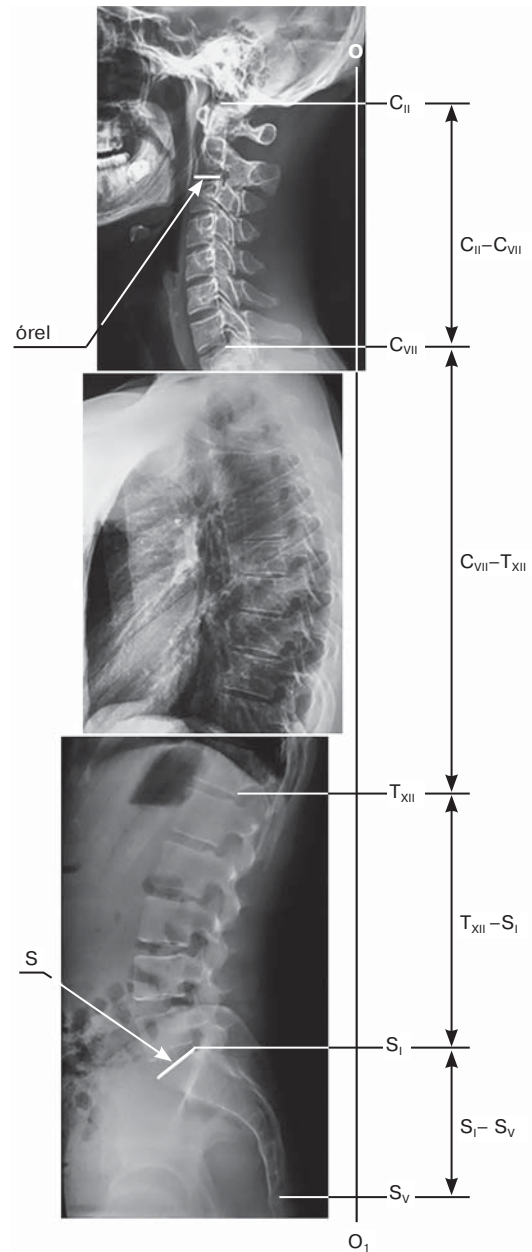
Важно подчеркнуть, что во время проведения исследования соблюдался один и тот же масштаб изображений, как при проведении единичного исследования, так и на протяжении всей серии исследований. Поэтому полученные данные позволили сравнить линейные размеры изученных структур как на единичном объединенном изображении позвоночника, так и во всей группе исследованных изображений.

В качестве примера использования эталона  $\acute{o}rel$  у всех 141 пациентов была исследована величина отрезка касательной, проведенной на объединенной



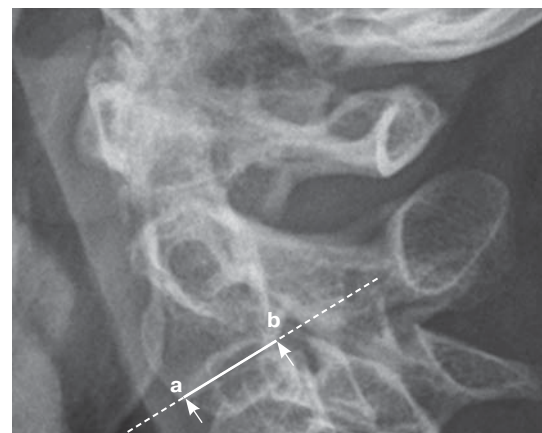
**Рис. 1.** Объединенное цифровое рентгенологическое изображение позвоночника пациента X., 31 год.  $OO_1$  – затылочная вертикаль,  $\acute{o}rel$  – мерный отрезок  $\acute{o}rel$ ;  $s$  – отрезок сакрум;  $C_{II}$ ,  $C_{VII}$ ,  $T_{XII}$ ,  $S_I$ ,  $S_V$  – горизонтали исходящие от соответствующих позвонков;  $C_{II}-C_{VII}$  – вертикальный размер шейного отдела позвоночника,  $C_{VII}-T_{XII}$  – вертикальный размер грудного отдела позвоночника,  $T_{XII}-S_I$  – вертикальный размер поясничного отдела позвоночника,  $S_I-S_V$  – вертикальный размер крестцового отдела позвоночника. У данного пациента отмечается нормальное положение крестца, поясничный лордоз, грудной кифоз и шейный лордоз находятся в пределах нормы. Имеет место ретролистез позвонков  $C_{III}$ ,  $T_{XII}$ ,  $L_1$  и  $L_{II}$ . Крестец сегментирован. Дифференцируются признаки хондроза со снижением высоты межпозвонкового пространства на уровне  $C_{III}-C_{IV}$ . Отмечаются проявления артроза дугоотростчатых суставов на всех уровнях, а также артроз переднего атлантоаксиального и крестцово-копчикового сустава. Из наружного затылочного бугра растет крупный остеофит – затылочная шпора. Затылочная вертикаль проходит позади позвоночника.

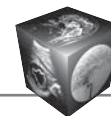
**Fig. 1.** Combined digital radiological image of patient X., 31 years.  $OO_1$  – occipital vertical,  $\acute{o}rel$  – dimensional segment  $\acute{o}rel$ ;  $s$  – segment sacrum;  $C_{II}$ ,  $C_{VII}$ ,  $T_{XII}$ ,  $S_I$ ,  $S_V$  – horizontals drawn from the corresponding vertebrae;  $C_{II}-C_{VII}$  – vertical size of the cervical spine,  $C_{VII}-T_{XII}$  – vertical size of the thoracic spine,  $T_{XII}-S_I$  – vertical size of the lumbar spine,  $S_I-S_V$  – vertical size of the sacral spine. This patient has a normal position of the sacrum. Lumbar lordosis, thoracic kyphosis and cervical lordosis are within normal limits. There are retrolistesis of the vertebrae  $C_{III}$ ,  $T_{XII}$ ,  $L_1$  and  $L_{II}$ . The sacrum is segmented. The signs of chondrosis are differentiated with a decrease in intervertebral space height at the level of  $C_{III}-C_{IV}$ . There are manifestations of arthrosis of the arcuate joints at all levels, as well as arthrosis of the anterior atlanto-axial and sacrococcygeal joints. A large osteophyte, the occipital spur, grows from the external occipital protuberance. The occipital vertical passes behind the spine.



**Рис. 2.** Рентгенограмма атланта и аксиса ( $C_I$  и  $C_{II}$ ) в сагиттальной проекции.  $a$  – дистальная точка переднего контура тела  $C_{II}$ ;  $b$  – дистальная точка заднего контура тела  $C_{II}$ ;  $ab$  – абсолютная величина мерной единицы “ $\acute{o}rel$ ”.

**Fig. 2.** X-ray image of atlas and axis ( $C_I$  and  $C_{II}$ ) in sagittal projection.  $a$  is the distal point of body  $C_{II}$  anterior contour;  $b$  is the distal point of body  $C_{II}$  the posterior contour;  $ab$  is the absolute value of the measuring unit “ $\acute{o}rel$ ”.





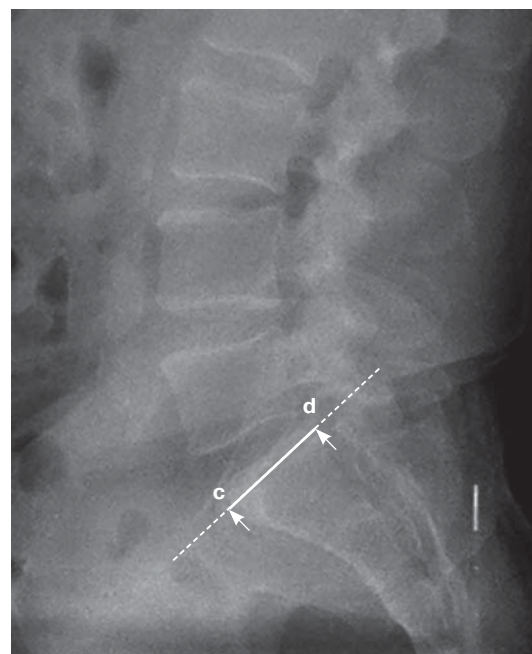
рентгенограмме позвоночника в сагиттальной проекции к основанию крестца. Этот отрезок получил название “сакрум” и был обозначен буквой “s”. Крестец хорошо определяется на рентгенограммах и на любых лучевых изображениях данной области. Так же как и аксис, крестец имеет характерное строение (рис. 3).

## Результаты

Была измерена величина отрезка  $\delta$  на объединенных цифровых рентгенологических изображениях позвоночника всех 141 пациентов. Следует сказать, что абсолютные значения величины отрезка  $\delta$ , так же как и отрезка сакрум, в мм, приведенные в данной работе, играют роль лишь ориентировочных данных. Они измерялись на экране персонального компьютера и зависели от масштаба изображения. С другой стороны, эти данные достоверно отражают истинные соотношения размеров исследуемых структур. Средняя величина отрезка  $\delta$  на исследованных нами цифровых рентгенологических изображениях во всех возрастных группах составила  $9,55 \pm 1,08$  мм.

Истинные размеры отрезка  $\delta$  могут быть определены посредством прямых измерений переднезаднего размера нижней поверхности тела аксиса на сухих анатомических препаратах. Такого рода исследования проводились неоднократно и представлены в научных источниках литературы разных стран, (табл. 1, данные таблицы цитируются по источнику [14]).

Мы исследовали абсолютные размеры отрезка  $\delta$  в зависимости от возраста пациентов (рис. 4). В ходе данного исследования было показано, что воз-



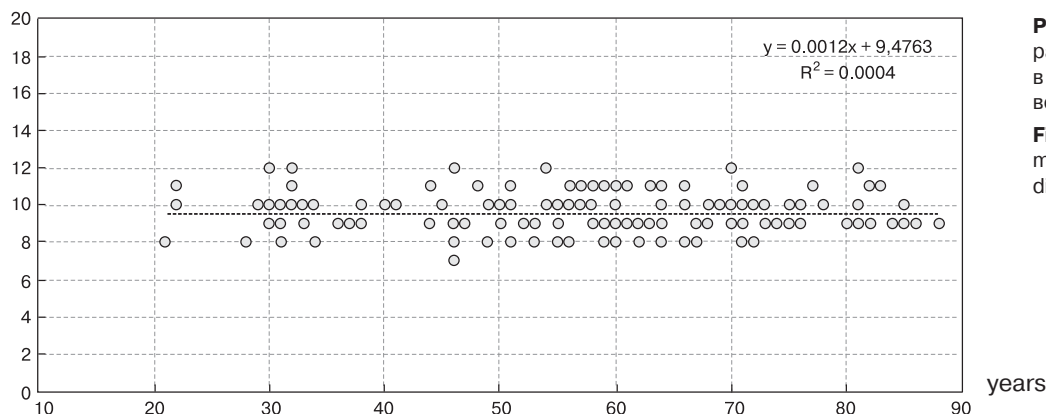
**Рис. 3.** Рентгенограмма пояснично-крестцового отдела позвоночника в сагиттальной проекции. с – передняя точка контура основания крестца; d – задняя точка контура основания крестца; cd – абсолютная величина отрезка “сакрум”.

**Fig. 3.** X-ray image of the lumbosacral spine in sagittal projection. c is the front point of the sacrum base contour; d is the back point of the sacrum base contour; cd is the absolute value of the segment “sacrum”.

**Таблица 1.** Морфометрический анализ переднезаднего размера нижней поверхности тела аксиса по (Marques Filho, Gustavo de Souza et al., 2021)

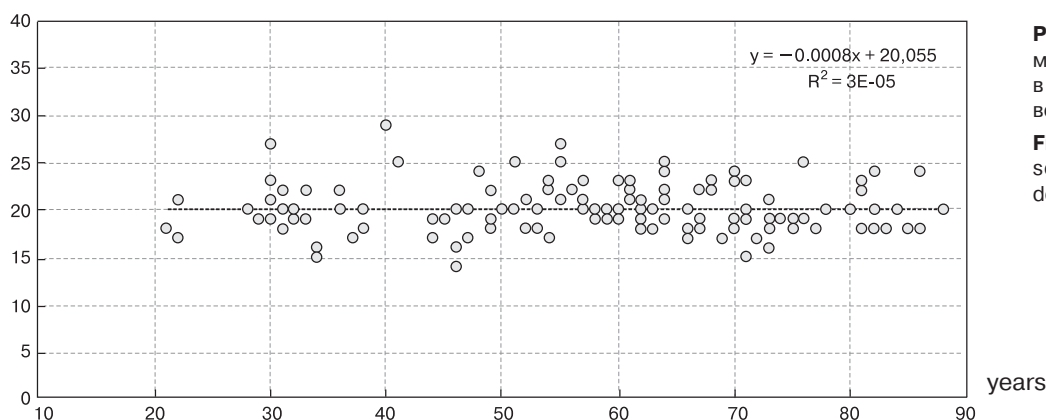
**Table 1.** Morphometric analysis of the anterior-posterior diameter of inferior axis vertebra surface, values in mm  $\pm$  DP (Marques Filho, Gustavo de Souza, et al., 2021)

| Авторы<br>Authors                 | Страна<br>Country | Год<br>Year | Количество<br>исследованных<br>позвонков<br>Number of vertebrae examined | Переднезадняя длина тела<br>нижней поверхности позвонка C <sub>II</sub><br>Anterior-posterior length of<br>inferior vertebral body C <sub>II</sub> surface |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Filho M., Gustavo de Souza et al. | Brazil            | 2021        | 58                                                                       | 15,29 $\pm$ 2,02                                                                                                                                           |
| Lalit M., Piplani S., et al.      | North Italy       | 2020        | 60                                                                       | 15,10 $\pm$ 1,56                                                                                                                                           |
| Mukesh Singla et al.              | India             | 2015        | 30                                                                       | 15,42 $\pm$ 1,78                                                                                                                                           |
| Morales-Avalos et al.             | Mexico            | 2012        | 576                                                                      | 15,11 $\pm$ 1,88                                                                                                                                           |
| Gosavi and Swamy et al.           | India             | 2012        | 100                                                                      | 14,77 $\pm$ 1,73                                                                                                                                           |
| Naderi et al.                     | Turkey            | 2006        | 80                                                                       | 15,8 $\pm$ 1,7                                                                                                                                             |
| Xu R., Nadaud M.C. et al.         | USA               | 1995        | 50                                                                       | 16,1 $\pm$ 1,5 (мужчины)<br>15,0 $\pm$ 1,7 (женщины)                                                                                                       |
| Doherty B.J., Heggeness M.H.      | Houston, Texas    | 1994        | 51                                                                       | 16,6 $\pm$ 1,6                                                                                                                                             |



**Рис. 4.** Абсолютные размеры отрезка óрел в зависимости от возраста пациентов.

**Fig. 4.** Absolute órel segment dimensions depending on patient age.



**Рис. 5.** Абсолютные размеры отрезка сакрум в зависимости от возраста пациентов.

**Fig. 5.** Absolute sacrum segment dimensions depending on patient age.

растной тренд изменений величины отрезка óрел отсутствует. То есть длина отрезка не зависит от возраста пациента и не изменяется, составляя особенность строения позвоночника данного пациента.

Средняя величина отрезка  $s$  на исследованных нами объединенных цифровых рентгенологических изображениях во всех возрастных группах составила  $20,0 \pm 2,55$  мм.

При анализе зависимости от возраста величины отрезка касательной, проведенной к основанию крестца (отрезка  $s$ ) у всей когорты пациентов, также как и при исследовании абсолютной величины отрезка óрел, было выявлено, что возрастной тренд отсутствует (рис. 5).

Проведенное исследование позволило предположить, что оба отрезка взаимозаменяемы и могут в равной степени использоваться для оценки относительных размеров структур позвоночника. Потому на следующем этапе исследования мы изучили соотношение между ними. Было выявлено (табл. 2), что соотношение между отрезками  $s$  и óрел является величиной относительно постоянной и в среднем составляет 2,1 для всех возрастных категорий пациентов.

Таким образом, основываясь на результатах проведенного исследования, мы считаем возможным утверждать, что величина мерного отрезка óрел со-

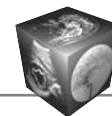
относится с величиной отрезка сакрум с одинаковым коэффициентом, а величина отрезка  $s$  в óрелах может быть приближенно вычислена по формуле:

$$s = 2,1 \text{ óрел} \\ \text{óрел} = s / 2,1$$

#### Применение эталона óрел для измерения вертикальных размеров позвоночника

Важно было не только предложить относительную единицу, эталон для измерения, но и убедиться в том, что этот подход может быть применен на практике. Мы предположили, что исследование, проведенное с применением относительного эталона, позволяет достоверно сравнивать размеры структур позвоночника на единых рентгенологических изображениях у лиц разного пола и возраста. А это значит, что можно попытаться исследовать возрастной тренд изменения средней величины вертикального размера всего позвоночника и каждого из его отделов. Что и было сделано. Результаты измерений в относительных единицах óрел приведены в табл. 3.

Проведенное сравнение относительных средних вертикальных размеров в группе из 64 пациентов показало, что существует относительное изменение вертикального размера как всего позвоночника, так и его отделов. При сравнении шейного отдела



**Таблица 2.** Измеренные значения величины отрезков “órel” и “сакрум” на объединенных рентгенограммах позвоночника 141 пациента

**Table 2.** Measured values of órel and sacrum segments on combined spine radiographs, 141 patients

| Возраст, годы<br>Age group | n<br>Number of people | Среднее значение отрезка órel, мм<br>The average value of órel segment, mm | Среднее значение отрезка s, мм<br>The average value of the s segment, mm | Отношение средних величин отрезков s/órel<br>The ratio of average s and average órel values |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21–44                      | 31                    | 9,61 ± 1,1                                                                 | 20,00 ± 3,0                                                              | 2,1                                                                                         |
| 45–59                      | 39                    | 9,51 ± 1,2                                                                 | 20,23 ± 2,6                                                              | 2,1                                                                                         |
| 60–74                      | 50                    | 9,48 ± 1,0                                                                 | 19,80 ± 2,4                                                              | 2,1                                                                                         |
| 75–88                      | 21                    | 9,67 ± 0,9                                                                 | 20,10 ± 2,3                                                              | 2,1                                                                                         |

**Таблица 3.** Средние относительные значения вертикальных размеров отделов позвоночника и всего позвоночника в óрелах в зависимости от возраста (n = 64)

**Table 3.** The average relative vertical dimensions of spine parts and entire spine, in órels, 64 patients

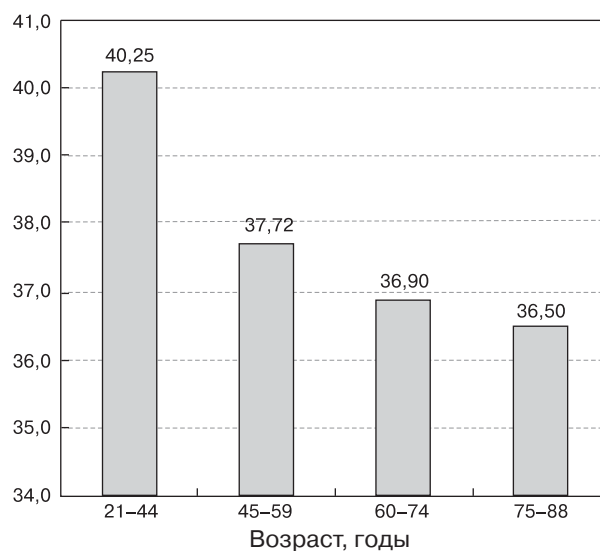
| Возраст, годы<br>Age group | n  | Вертикальные размеры отделов позвоночника<br>Vertical dimensions of the spine parts, in órels |                                    |                                  |                                | Вертикальный размер всего позвоночника<br>Vertical size of the entire spine, in órels |
|----------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |    | C <sub>II</sub> –C <sub>VII</sub>                                                             | C <sub>VII</sub> –T <sub>XII</sub> | T <sub>XII</sub> –S <sub>I</sub> | S <sub>I</sub> –S <sub>V</sub> | C <sub>II</sub> –S <sub>V</sub>                                                       |
| 21–44                      | 21 | 7,64 ± 0,67                                                                                   | 16,60 ± 1,87                       | 10,02 ± 2,02                     | 5,99 ± 1,32                    | 40,25 ± 5,13                                                                          |
| 45–59                      | 14 | 6,82 ± 0,68                                                                                   | 15,92 ± 2,05                       | 9,13 ± 1,38                      | 5,85 ± 1,07                    | 37,72 ± 3,99                                                                          |
| 60–74                      | 21 | 6,55 ± 0,78                                                                                   | 15,51 ± 2,04                       | 8,58 ± 1,65                      | 6,26 ± 1,26                    | 36,90 ± 5,10                                                                          |
| 75–88                      | 8  | 6,38 ± 0,41                                                                                   | 14,97 ± 1,93                       | 8,74 ± 1,29                      | 6,41 ± 1,21                    | 36,50 ± 3,47                                                                          |

у пациентов молодого и старческого возраста отмечено уменьшение на 1,26 óрела. Грудной отдел уменьшался на 1,63 óрела. Поясничный отдел уменьшался на 1,28 óрела. В противовес этому относительный вертикальный размер крестцового отдела позвоночника незначительно увеличился на 0,42 óрела.

Проведенное исследование продемонстрировало уменьшение среднего вертикального размера всего позвоночника (рис. 6) у лиц старческого возраста по сравнению с молодыми пациентами на 3,75 óрела.

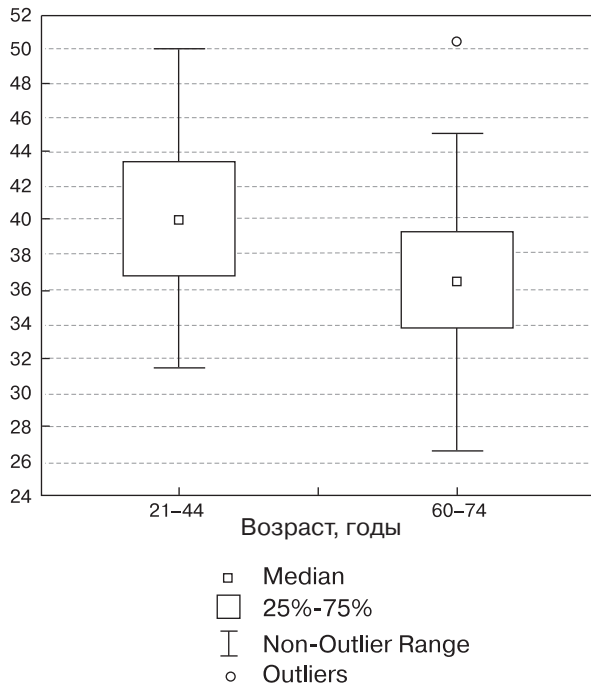
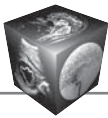
Вместе с тем в ходе исследования было выявлено, что уменьшение относительных вертикальных размеров всех отделов позвоночника происходит неравномерно. Наибольшие различия были обнаружены при сравнении I (21–44 года) и II (45–59 лет) возрастных групп, где разница в средней величине всего позвоночника составила 2,52 óрела. В следующей возрастной группе (60–74 года) средняя величина всего позвоночника уменьшилась еще на 0,83 óрела, а в возрасте 75–88 лет вертикальный размер позвоночника сократился еще на 0,40 óрела.

Более строгая проверка статистической гипотезы о значимости различия среднего значения (медианы) вертикального размера позвоночника для разных возрастных категорий проводилась в несколько этапов с использованием пакета Statistica. В качестве



**Рис. 6.** Средний вертикальный размер позвоночника C<sub>II</sub>–S<sub>V</sub> в зависимости от возраста.

**Fig. 6.** The average relative vertical size of spine, C<sub>II</sub>–S<sub>V</sub>, four age groups.



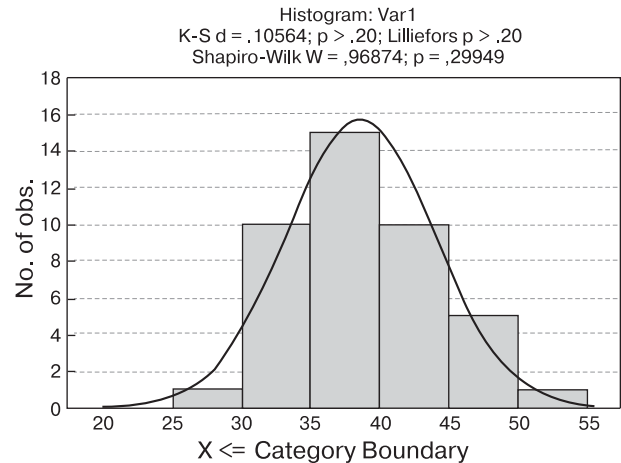
**Рис. 7.** Относительный вертикальный размер позвоночника  $C_{11}-S_v$  в I и III возрастных группах.

**Fig. 7.** Relative vertical size of the spine  $C_{11}-S_v$  in the first and third age groups. Box plot.

подгрупп для сопоставления из 64 пациентов были взяты пациенты I возрастной категории (21–44 года), всего 21 человек, и пациенты III возрастной категории (60–74 года), также 21 человек. Надо отметить, что подгруппы были независимыми, то есть в данном случае проводилось сравнение показателей для 42 пациентов. В качестве нулевой гипотезы рассматривался вариант незначимого отличия средних в двух подгруппах, в качестве альтернативной – наличие статистически значимого отличия (возрастного тренда). На рис. 7 показаны ящичковые диаграммы (box plot) для относительных вертикальных размеров  $C_{11}-S_v$ , вычисленные в орелах, для пациентов двух разных возрастных групп.

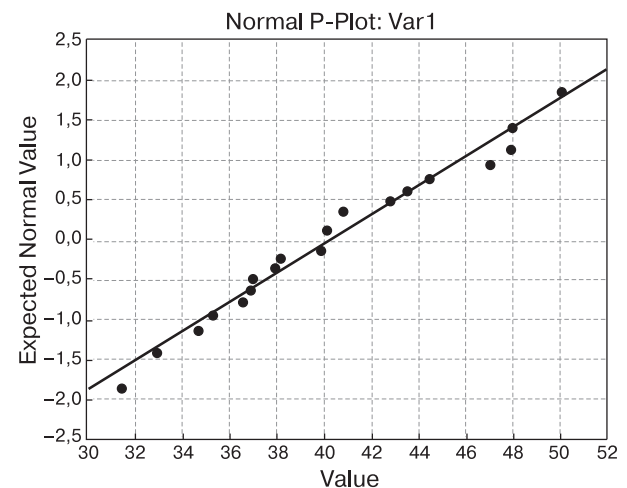
Прежде чем доказывать статистическую значимость отличия средних значений для двух подгрупп, необходимо выбрать подходящий метод, для чего, в первую очередь, нужно было решить вопрос о нормальности распределения интересующего нас значения. По виду ящичковых диаграмм отвергать гипотезу нормальности нельзя, поскольку графики имеют достаточно симметричный вид.

Более тщательная проверка нормальности включала построение гистограмм и сопоставление с нормальным распределением вероятностей (normal probability plot). Пример такой проверки для I возрастной группы из 21 человека (возраст 21–44 года) приведен на рис. 8, 9.



**Рис. 8.** Проверка нормальности распределения относительного вертикального размера позвоночника  $C_{11}-S_v$  в I возрастной группе. Гистограмма.

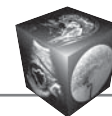
**Fig. 8.** Assessing data normality for relative vertical spine size  $C_{11}-S_v$  in the first age subgroup. Histogram.



**Рис. 9.** Проверка нормальности распределения относительного вертикального размера позвоночника  $C_{11}-S_v$  в I возрастной группе. Сопоставление с нормальным распределением вероятностей (normal probability plot).

**Fig. 9.** Assessing data normality for relative vertical spine size  $C_{11}-S_v$  in the first age subgroup. Normal probability plot.

Проверка проводилась также по критериям Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Гипотезу о нормальности распределения опровергнуть не удалось, в связи с чем при проверке статистической значимости отличия средних значений можно было воспользоваться параметрическим методом, в данном случае t-критерием Стьюдента для независимых выборок. В результате нулевую гипотезу о том, что отличия в средних значениях для двух возрастов незначимы, пришлось отклонить ( $p = 0,040$ ). Таким



образом, на основании проделанного анализа можно сделать вывод о статистической значимости тенденции уменьшения относительного вертикального размера позвоночника с возрастом.

## Обсуждение

Широкое распространение цифровой рентгенографии наряду с очевидными преимуществами этого метода поставило на повестку дня вопрос объективного измерения и сравнения линейных размеров структур позвоночника как цифровых, так и сделанных на рентгеновской пленке.

Введение относительной единицы измерения орел открывает новые возможности. Отпадает необходимость всегда строго соблюдать масштаб цифровых изображений в серии исследований и проводить рентгенографию только на одном и том же рентгеновском аппарате. Можно сравнивать данные изображений, полученных на цифровом рентгеновском изображении и на рентгеновской пленке. Достаточно лишь строго придерживаться одинаковых условий: всегда использовать одни и те же стандарты рентгенографии и во время однократного исследования при измерении значимых параметров придерживаться одного и того же масштаба изображения. С помощью относительной единицы измерения орел появляется возможность сравнивать измеряемые параметры у множества пациентов и объективно определить границы нормы и патологии линейных размеров структур, а значит, выявить начальные стадии заболеваний, проявляющиеся функциональными расстройствами статики, то есть более определенно, на основе лучевых изображений, диагностировать соматические дисфункции позвоночника. Можно сравнить линейные размеры одних и тех же структур при многократных повторных измерениях. Упрощается и становится более доказательным сравнение результатов исследований позвоночника у одного и того же пациента, сделанных через длительный период времени, и это может способствовать совершенствованию средств контроля результатов лечения до и после лечения, а также в отдаленные сроки после проведенного курса лечения. Авторы считают, что такой подход может быть полезен для развития медицины, основанной на доказательствах.

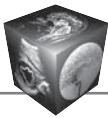
Настоящая работа предлагает еще одно усовершенствование. Имея изображение аксиса в сагитальной проекции, измерив величину отрезка орел можно по предложенной формуле вычислить приблизительный размер отрезка s крестца. И наоборот, измерив на рентгенограмме величину отрезка s, можно приближенно вычислить величину отрезка орел. Зная это, вполне достаточно иметь изображе-

ние только одного из отрезков, чтобы провести оценку линейных размеров в орелах любой из структур позвоночника, без дополнительной рентгенографии шейного отдела.

Применение полученных данных позволило исследовать возрастную тенденцию изменений величины структур позвоночника. Опыт наблюдения за людьми разного возраста показывает, что люди после 60 лет постепенно уменьшаются в росте. Однако достоверно зарегистрировать и убедиться в этом не представлялось возможным, поскольку продольные исследования, с рентгенографией всех отделов позвоночника у одного и того же пациента на протяжении многих лет, нацеленные на решение такой задачи, не проводились. Что не удивительно, поскольку длительность такого рода исследования должна была бы составить не менее 20 лет, а начальный возраст пациентов от 60 лет и старше. Применение относительной единицы измерения позволило сравнить размеры позвоночника у людей разного возраста с учетом их индивидуальных особенностей и привести эти измерения к единым условиям. Вот почему мы смогли провести поперечное исследование возрастной тенденции. Важно подчеркнуть, что описанная в настоящей работе методика исследования предоставила новые данные измерений отделов позвоночника и всего позвоночника.

Предлагаемая нами методика исследования была осуществлена впервые. И поскольку подобные работы с использованием относительной единицы измерения структур позвоночника не проводились, найти аналогичные работы и сравнить полученные данные с данными других авторов мы не смогли.

Полученные данные коррелируют с результатами работ, проведенных нами ранее. Возможные объяснения уменьшения относительного вертикального размера шейного и грудного отделов позвоночника можно найти в работах, описывающих возрастную тенденцию. Так, было показано, что II шейный позвонок у людей старше 60 лет отклоняется от строго вертикального положения и наиболее часто занимает положение с наклоном вперед (кифозирование) или назад (лордозирование), то есть его относительный вертикальный размер уменьшается [15]. У людей пожилого и старческого возраста наиболее часто выявляется усиление грудного кифоза преимущественно за счет наклона вперед и смещения кпереди позвонков  $C_{VII}-T_{III}$ , что также вносит свой вклад в уменьшение относительного вертикального размера позвоночника [16]. Слабовыраженное увеличение относительного вертикального размера крестцового отдела позвоночника может быть объяснено тем, что у лиц старшего возраста наиболее часто выявляется вертикальное положение крестца [17].



## Заключение

Цифровая рентгенография позволила значительно снизить дозу лучевой нагрузки на пациента и улучшить качество получаемых изображений. Проявилась возможность исследования цифровых изображений позвоночника дистанционно с помощью персонального компьютера, без участия и без дополнительного облучения больного.

Впервые в качестве эталона, характеризующего индивидуальные особенности пациента, предложено использовать мерный отрезок, получивший название “орел”, измеряемый на касательной, проведенной на рентгенограмме шейного отдела позвоночника в сагиттальной проекции к нижнему контуру тела аксиса. Сравнение любых линейных размеров структур позвоночника с отрезком орел позволяет получить безразмерную относительную величину любой структуры позвоночника.

Выявлено устойчивое соотношение мерного отрезка орел (orel отрезок) и отрезка прямой, проведенной касательно к верхнему контуру основания крестца того же пациента (s отрезок). Проведенное исследование продемонстрировало взаимозаменяемость этих отрезков и возможность использовать их для практических нужд. И если на цифровой рентгенограмме имеется изображение одного из этих отрезков, можно приблизительно пересчитать величину линейных размеров исследуемых структур в орелах, что не требует дополнительного исследования других отделов позвоночника. Примерное соотношение между отрезком орел и отрезком s представлено в формуле:  $orel = s/2,1$ .

Применение данной единицы измерения решает задачи сравнения линейных размеров структур позвоночника у разных пациентов, в том числе и с целью выявления возрастного тренда его изменений. Настоящее исследование показало, что у людей старше 45 лет происходит постепенное уменьшение вертикальных размеров шейного, грудного и поясничного отделов и одновременно небольшое увеличение относительного вертикального размера крестцового отдела позвоночника. Выявлено, что средний вертикальный размер позвоночника от верхушки зуба C<sub>II</sub> до верхушки S<sub>V</sub> у людей в возрасте от 21 года до 88 лет уменьшается в совокупности на 3,75 орела.

Таким образом, в ходе проведенного исследования были получены данные, свидетельствующие о том, что позвоночник – это живая, постоянно развивающаяся структура организма человека, которая не только в детстве, но и у людей старше 21 года и тем более в пожилом и старческом возрасте претерпевает значительные изменения. И это открывает перспективы и возможности для активного поддержания его гармоничного физиологического состояния с опорой на принципы доказательной медицины.

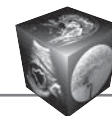
## Участие авторов

Орел А.М. – разработка дизайна исследования, научное руководство исследованием, обзор публикаций по теме исследования, сбор данных, участие в анализе собранных данных, написание текста статьи, редактирование текста статьи, перевод текста статьи.

Семёнова О.К. – участие в разработке дизайна исследования, обзор публикаций по теме исследования, статистический анализ собранных данных, редактирование текста статьи, перевод текста статьи.

## Список литературы

1. O'Brien M.F., Kuklo T.R., Blanke K.M., Lenke L.G., Radiographic Measurement Manual Spinal Deformity Study Group, Medtronic Sofamor Danek, USA, Inc. 2008, 110 pp.
2. Zdeblick A.T., Albert T.J. The Spine / Eds by Tomas A. Zdeblick and Todd J. Albert. Third edition. p.; em. (Master techniques in orthopedic surgery), – Wolters Kluwer / Lippincott Williams & Wilkin, 2013. 406 p.
3. Savage J.W., Patel A.A. Fixed sagittal plane imbalance. *Global Spine J.* 2014; 4 (4): 287–296. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1394126>
4. Sun A., Yeo H. G., Kim T.U. et al. Radiologic assessment of forward head posture and its relation to myofascial pain syndrome. *Ann. Rehab. Med.* 2014; 38 (6): 821–826. <https://doi.org/10.5535/arm.2014.38.6.821>
5. Albert T.J., Vaccaro A.R. Physical Examination of the Spine. Second Edition. New York: Thieme, 2017. 111 p.
6. Dagdia L., Kokabu T., Ito M. Classification of Adult Spinal Deformity: Review of Current Concepts and Future Directions. *Spine Surg. Relat. Res.* 2018; 3 (1): 17–26. <https://doi.org/10.22603/ssrr.2017-0100>
7. Le Huec J.C., Thompson W., Mohsinaly Y. et al. Sagittal balance of the spine. *Eur. Spine J.* 2019; 28: 1889–1905. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06083-1>
8. Красников В.Г., Жигалов А.И. Академический рисунок: Каноны рисунка фигуры человека. Учебно-методическое пособие. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2009. 41 с.
9. Старинные меры длины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://school-science.ru/4/7/1463> Старинные меры длины, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 03.06.2022)
10. Цунь (мера длины) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Цунь\\_\(мера\\_длины\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Цунь_(мера_длины)), свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 03.06.2022)
11. Возрастная классификация ВОЗ [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://healthperfect.ru/vozrastnye-kategoriiyudey.html>. Возрастная классификация ВОЗ, свободный. Загл. с экрана (дата обращения 7.07.2022)
12. Орел А.М. Системный анализ рентгенограмм позвоночника в практике мануальной медицины. М.: Издательский дом Видар-М, 2018. 432 с.
13. Мохов Д.Е., Белаш В.О. Методология клинического остеопатического обследования: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2019. 80 с.
14. Marques Filho G., Cavalcante L., Gomes A.K. et al. Morphometric Analysis of Axis Vertebra for Atlantoaxial Fixation in Northeastern Brazil. *J. Morphological Sci.*



- 2021; 38: 325–328. <https://doi.org/10.51929/jms.38.56.2021>, Corpus ID: 244639800.
15. Орел А.М., Семенова О.К. Новый метод количественной оценки положения аксиса на рентгенограммах в сагиттальной проекции. *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2022. №2. Публикация 3-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-2/3-1.pdf>. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2022-2-3-1>
  16. Орел А.М., Семенова О.К. Типы кифоза шейно-грудного отдела позвоночника. *Российский остеопатический журнал*. 2021; 3: 8–18. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2021-3-8-18>
  17. Орел А.М. Количественная оценка положения крестца у пациентов молодого, пожилого и старческого возраста. *Российский остеопатический журнал*. 2021; (2): 8–18. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2021-2-8-18>
- ## References
1. O'Brien M.F., Kuklo T.R., Blanke K.M., Lenke L.G., Radiographic Measurement Manual Spinal Deformity Study Group, Medtronic Sofamor Danek, USA, Inc. 2008, 110 pp.
  2. Zdeblick A.T., Albert T.J. The Spine / Eds by Tomas A. Zdeblick and Todd J. Albert. Third edition. p.; em. (Master techniques in orthopedic surgery), – Wolters Kluwer / Lippincott Williams & Wilkin, 2013. 406 p.
  3. Savage J.W., Patel A.A. Fixed sagittal plane imbalance. *Global Spine J.* 2014; 4 (4): 287–296. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1394126>
  4. Sun A., Yeo H. G., Kim T.U. et al. Radiologic assessment of forward head posture and its relation to myofascial pain syndrome. *Ann. Rehab. Med.* 2014; 38 (6): 821–826. <https://doi.org/10.5535/arm.2014.38.6.821>
  5. Albert T.J., Vaccaro A.R. Physical Examination of the Spine. Second Edition. New York: Thieme, 2017. 111 p.
  6. Dagdia L., Kokabu T., Ito M. Classification of Adult Spinal Deformity: Review of Current Concepts and Future Directions. *Spine Surg. Relat. Res.* 2018; 3 (1): 17–26. <https://doi.org/10.22603/ssrr.2017-0100>
  7. Le Huec J.C., Thompson W., Mohsinaly Y. et al. Sagittal balance of the spine. *Eur. Spine J.* 2019; 28: 1889–1905. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06083-1>
  8. Krasnikov V.G., Zhigalov A.I. Academic drawing: The canons of drawing the human figure. Educational and methodical manual. Blagoveshchensk: Amur State University, 2009. 41 p. (In Russian)
  9. Ancient measures of length [Electronic resource]. – [Access mode: <https://school-science.ru/4/7/1463> Ancient length measures, free. – Title from the screen (date accessed: 03/06/2022) (In Russian)
  10. Tsun (measure of length) [Electronic resource]. – [Access mode: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Tsun> (measure of length), free. – Title from the screen (accessed: 06/03/2022) (In Russian)
  11. Age classification of the World Health Organization [Electronic resource]. Access mode: <https://healthperfect.ru/vozrastnyekategorii-lyudey.html> Age classification of the World Health Organization, free. The title from the screen (date accessed 7.07.2022) (In Russian)
  12. Orel A.M. System analysis of radiographs of the spine in the practice of manual medicine. Moscow: Vidar-M, 2018. 432 p. (In Russian)
  13. Mokhov D.E., Belash V.O. Methodology of clinical osteopathic examination: Study guide. St. Petersburg: Ed. The NWSMU named after I.I. Mechnikov, 2019. 80 p. (In Russian)
  14. Marques Filho G., Cavalcante L., Gomes A.K. et al. Morphometric Analysis of Axis Vertebra for Atlantoaxial Fixation in Northeastern Brazil. *J. Morphological Sci.* 2021; 38: 325–328. <https://doi.org/10.51929/jms.38.56.2021>, Corpus ID: 244639800.
  15. Orel A.M., Semenova O.K. A new method for quantifying the position of the axis on radiographs in sagittal projection. *Bulletin of New Medical Technologies. Electronic edition*. 2022; 2: Publication 3-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-2/3-1.pdf>. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2022-2-3-1> (In Russian)
  16. Orel A.M., Semenova O.K. Kyphosis types of the spine cervical-thoracic junction. *Russian Osteopathic Journal*. 2021; 3: 8–18. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2021-3-8-18> (In Russian)
  17. Orel A.M. Quantitative assessment of the position of the sacrum in young, elderly and senile patients. *Russian Osteopathic Journal*. 2021; (2): 8–18. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2021-2-8-18> (In Russian)

**Для корреспонденции\*:** Орел Александр Михайлович – 105120 Москва, ул. Земляной Вал, д. 53. Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины. Тел.: +7-963-626-27-54. E-mail: aorel@rambler.ru

**Орел Александр Михайлович** – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела медицинской реабилитации больных с заболеваниями опорно-двигательного аппарата ГБУЗ “Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-4129-524X>. E-mail: aorel@rambler.ru

**Семенова Ольга Константиновна** – канд. техн. наук, доцент ГБУЗ “Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9727-0327>. E-mail: o-semenova@bk.ru

**Contact\*:** Alexander M. Orel – 53, Zemlyanoi Val str., Moscow 105120, Russian Federation. Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. Phone: +7-963-626-27-54. E-mail: aorel@rambler.ru

**Alexander M. Orel** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief researcher of the Department of Medical Rehabilitation of Patients with Musculoskeletal System Diseases, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4129-524X>. E-mail: aorel@rambler.ru

**Olga K. Semenova** – Cand. of Sci. (Techn.), Associate Professor, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9727-0327>. E-mail: o-semenova@bk.ru