

## НОВЫЙ МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ АКСИСА НА РЕНТГЕНОГРАММАХ В САГИТТАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИИ

А.М. ОРЕЛ, О.К. СЕМЕНОВА

ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы»,  
ул. Земляной Вал, д. 53, г. Москва, 105120, Россия, e-mail: ksmdzm@mail.ru

**Аннотация.** *Цель исследования* – разработать метод оценки положения аксиса и оценить гендерные и возрастные различия по этому признаку. *Материалы и методы исследования.* Проведено исследование цифровых рентгенограмм шейного отдела позвоночника, сделанных в сагиттальной проекции у 141 пациента с дорсопатиями, 57 мужчин и 84 женщин. Вся когорта пациентов по возрасту была разбита на четыре группы: 1-я 21-45 лет – 32 пациента; 2-я 46-59 лет – 38; 3-я 60-74 лет – 50; 4-я 75-88 лет – 21 человек. В статье описана впервые разработанная методика исследования положения аксиса, основанная на цифровых рентгенограммах, которая проводилась на экране персонального компьютера, без участия пациентов. Предложен количественный показатель – угол  $\mu$ , отражающий выраженность отклонения аксиса от затылочной вертикали. *Результаты и их обсуждение.* Определены границы нормального положения, кифозирования и лордозирования аксиса. Описаны гендерные различия положения аксиса и дана характеристика возрастного тренда. *Выводы.* Разработанная методика позволяет объективно оценить положение аксиса на цифровых рентгенограммах в сагиттальной проекции, а также отразить гендерные и возрастные различия.

**Ключевые слова:** нормальное положение аксиса, кифозирование и лордозирование аксиса, лица молодого, среднего, пожилого и старческого возраста.

## A NEW METHOD FOR QUANTIFYING THE POSITION OF THE AXIS VERTEBRA ON RADIOGRAPHS IN SAGITTAL PLANE

A.M. OREL, O.K. SEMENOVA

Moscow Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of  
the Department of Health of the City of Moscow, Zemlyanoy Val Str., 53, Moscow, 105120, Russia,  
e-mail: ksmdzm@mail.ru

**Abstract.** *The research purpose* was to develop a method for measuring the position of the axis vertebra and to assess gender and age differences on this basis. *Materials and methods of research.* A study of digital radiographs of the cervical spine was made for 141 patients with dorsopathies, 57 males and 84 females. The entire cohort of patients was divided into four groups: the 1st group 21-45 years – 32 people; the 2nd group 46-59 years – 38 patients; the 3rd group 60-70 years – 50 patients; and the 4th group 70-88 years – 21 patients. *Research methodology:* The article describes an original method of studying the axis position, based on digital radiographs, which were carried out on PC monitor, without the participation of patients. The quantitative indicator – angle  $\mu$  is proposed, reflecting the axis deviation severity from the occipital vertical. *Results and its discussion.* The boundaries of the normal position, kyphosis and lordosis of the axis vertebra are determined. The gender differences and the age trend for the axis vertebra position are described. *Conclusions.* The developed technique allows to assess the position of axis vertebra using digital radiographs in sagittal plane, as well as to investigate the gender and age differences.

**Keywords:** the normal position of the axis vertebra, kyphosis and lordosis of the axis, young, middle-aged and elderly and senile persons.

**Введение.** Второй шейный позвонок – «аксис» или осевой позвонок является одной из важнейших биомеханических составляющих организма человека. Посредством верхнего шейного отдела позвоночника осуществляется передний, задний и боковой наклон головы. Вокруг зуба позвонка CII происходит вращение головы относительно продольной оси [4]. Аксис играет ведущую роль в поддержании прямой позы при вертикальном положении человека. Позвонок CII несет на себе функцию позвоночного датчика поструральной системы наравне с вестибулярным аппаратом, глазами, мышцами, стопами и зубочелюстной системой [3].

На рентгенограммах шейного отдела позвоночника в сагиттальной проекции, аксис может находиться, в положении заднего наклона или разгибания – лордозирования [1], или в положении переднего

наклона, что описывается как – кифозирование. Положение аксиса, когда задний контур его тела расположен параллельно условной продольной оси считается наиболее физиологичным. Точное представление о положении аксиса важно для работы вертебрологов, врачей восстановительной медицины, мануальных терапевтов, остеопатов, хиропракторов. Диагностика положения аксиса представляет определенные трудности. Во время рентгенографии пациенты могут непроизвольно изменить положение головы. Цифровая рентгенография облегчает диагностику. Доза облучения пациента значительно снижается, а качество изображения возрастает многократно. Цифровые изображения можно исследовать на экране персонального компьютера, без участия пациента. Разработан метод количественной оценки положения позвонков относительно затылочной вертикали [6]. Это упростило процесс распознавания положения позвонков. Однако исследований, описывающих положение аксиса относительно этой вертикали, до сих пор не проводилось.

Важно исследовать положение аксиса в зависимости от возраста пациента. В соответствии с классификацией ВОЗ, молодым считается человек 25-44 лет, человеком среднего возраста – 45-59 лет, пожилым – 60-74 лет, старческий возраст определяется в диапазоне 75-89 лет, люди старше 90 лет относятся к категории долгожителей [2].

**Цели исследования:**

1. Разработать качественные параметры и количественные критерии оценки, характеризующие положение аксиса в сагиттальной проекции.
2. Изучить особенности положения аксиса у пациентов в зависимости от пола и возраста.

**Материалы и методы исследования.** Проведено исследование цифровых рентгенограмм шейного отдела позвоночника, сделанных в сагиттальной проекции у 141 пациента с дорсопатиями, 57 мужчин и 84 женщин. Выбор пациентов проводился случайно. Критериями включения в исследование было наличие цифровых рентгенограмм шейного отдела позвоночника, в сагиттальной проекции, сделанных в соответствии с требуемыми стандартами рентгенографии [5]. Критерии исключения: наличие грубых нарушений статики позвоночника в виде сколиоза III-IV степени, обусловленных врожденными аномалиями развития позвонков. Вся когорта пациентов была разбита на четыре группы: 1-я 21-45 лет – 32 пациента; 2-я 46-59 лет – 38; 3-я 60-74 лет – 50; 4-я 75-88 лет – 21 человек.

Исследование проводилось на экране персонального компьютера, без участия пациентов. Вдоль рентгенологического цифрового изображения структур шейного отдела позвоночника, начиная от наружного бугра затылочной кости вниз, проводилась затылочная вертикаль, с помощью которой осуществлялись измерения [6]. В качестве основного измерительного прибора использовалась универсальная углометрическая линейка [5]. Частотный анализ проводился с помощью пакета программ *Microsoft Office Excel 2007*.

Поскольку в момент рентгенографии, пациент может непроизвольно приподнять или опустить голову, было важно привести положения головы всех пациентов к одинаковым условиям. С этой целью мы измеряли величину угла  $z$  (рис. 1, 2). Для этого к тени твердого неба проводилась касательная  $Z$ , и ее изображение продолжалось до пересечения с затылочной вертикалью. В точку пересечения восстанавливался перпендикуляр к касательной и измерялся угол между затылочной вертикалью и перпендикуляром – это и есть искомым угол  $z$ . В случае, когда касательная к твердому небу была перпендикулярна затылочной вертикали, угол  $z$  был равен  $0^\circ$ , считалось, что голова пациента установлена правильно. В случае, когда касательная поднималась вверх, мы считали, что произошло разгибание шейного отдела, голова приподнялась вверх и шейный лордоз усилился. Угол  $z$ , измеренный в этом случае считался положительным. При сгибании шейного отдела позвоночника, когда голова опускалась, а касательная к тени твердого неба опускалась ниже горизонтали, и шейный лордоз переходил в кифоз, угол  $z$  принимал отрицательное значение.

В качестве критерия, позволяющего охарактеризовать положение аксиса, использовался угол  $\mu$ . Для его определения сначала измерялся угол  $\mu\theta$  (рис. 1, 2). На цифровое изображение рентгенологической тени заднего контура тела позвонка *СII* в сагиттальной проекции наносился отрезок касательной. Нижняя точка отрезка находилась в месте перехода нижнего контура тела *СII* в задний вертикальный контур. Вторая точка находилась в месте пересечения заднего контура тени тела *СII* с контуром тени поверхности бокового атлантаксиального сустава. На экране персонального компьютера этот отрезок переносился параллельно до пересечения его верхней точки с затылочной вертикалью. С помощью углометрической линейки измерялся угол  $\mu\theta$  между затылочной вертикалью и перенесенным отрезком.

В случае, когда аксис относительно затылочной вертикали занимал положение переднего наклона или кифозирования, значения угла  $\mu\theta$  фиксировались со знаком (-). Когда аксис относительно затылочной вертикали был отклонен кзади, что соответствовало его лордозированию и разгибанию верхнего шейного отдела позвоночника, значения угла  $\mu\theta$  фиксировались со знаком (+).

Истинное значение отклонения аксиса (*СII*), обусловленное физиологическими особенностями данного пациента, считались равным алгебраической разнице значений углов  $\mu\theta$  и  $z$  с присущими углам знаками, и вычислялось по формуле:  $\mu = \mu\theta - z$ , где  $\mu$  – значение угла с учетом возможного влияния не-

произвольного смещения пациентом головы (вверх или вниз);  $\mu\theta$  – измеренное на рентгенограмме значение угла;  $z$  – величина угла поправки.

В организме человека существуют механизмы поддержания правильной позы, реагирующие на отклонение от вертикали во все стороны на величину, не превышающую  $\pm 2^\circ$  и мгновенно автоматически приводящие организм к правильному положению [3, 7].

Для диагностики значимых аномальных состояний положения аксиса мы приняли такое его положение, которое в результате адаптации стало устойчивым и не воспринимается постуральной системой как ненормальное. В качестве нормального было принято положение аксиса, когда оно находилось в пределах  $-2^\circ \leq \mu \leq +2^\circ$  или  $|\mu| \leq 2^\circ$ . Устойчивое положение аксиса с наклоном вперед более  $2^\circ$  рассматривалось как кифозирование. Устойчивое положение аксиса с отклонением кзади, более  $2^\circ$  рассматривалось как лордозирование. В ходе дальнейшего исследования оказалось целесообразным определить степень выраженности отклонения аксиса. Мы приняли, что отклонение значений угла  $\mu = \mu\theta - z$  в пределах  $-10^\circ < \mu < -2^\circ$  можно рассматривать как слабую степень кифозирования аксиса. При значении угла  $\mu$ , равное  $-10^\circ$  и менее, мы считали, что имеет место выраженное кифозирование аксиса. Слабое лордозирование аксиса диагностировалось при значениях угла  $\mu = \mu\theta - z$  от  $+2^\circ < \mu < +10^\circ$ . Выраженное лордозирование аксиса устанавливалось в случае, когда величина угла  $\mu$  была  $10^\circ$  или более.



Рис. 1. Кифозирование аксиса

Примечания: Скиаграмма шейного отдела позвоночника в сагиттальной проекции пациента П. 57 лет;

ОО<sub>1</sub> – затылочная вертикаль; Z – касательная к твердому небу;

z – угол между перпендикуляром к касательной Z и затылочной вертикалью;

аб – отрезок касательной к заднему контуру рентгенологической тени тела аксиса и этот же отрезок после параллельного переноса до пересечения с затылочной вертикалью;  $\mu\theta$  – угол отклонения дорзальной стенки тела СII; угол  $z = +3^\circ$ ; угол  $\mu\theta = -17^\circ$



Рис. 2. Лордозирование аксиса

Примечания: Скиаграмма шейного отдела позвоночника в сагиттальной проекции пациентки Ш. 71 года; обозначения те же, что на рис. 1. касательная к твердому небу перпендикулярна затылочной вертикали;

угол  $z = 0^\circ$ ; угол  $\mu\theta = \mu = +16^\circ$

**Результаты и их обсуждение.** Благодаря предложенной методике стало возможным исследовать и дать количественную оценку гендерным различиям и возрастному тренду привычного положения аксиса в статической позе прямостоящего человека для каждого пациента.

В целом у всей когорты из 141 обследованных пациентов нормальное положение аксиса обнаружено у 33 (23,4%). Кифозирование аксиса выявлено у 57 пациентов, (40,4%), из них выраженное кифозирование диагностировано у 26 (18,4%), слабое – у 31 пациента (22,0%). Лордозирование аксиса выявлено у 51 (36,2%) пациента, из них слабое лордозирование у 35 (24,8%), выраженное лордозирование аксиса было обнаружено у 16 (11,3%) пациентов.

Проведено исследование гендерных различий в положении аксиса у всей когорты обследованных. Исследовались рентгенограммы 84 женщин и 57 мужчин (табл. 1).

Таблица 1

**Гендерные различия положения аксиса в %**

Выраженное кифозирование	Слабое кифозирование	Норма	Слабое лордозирование	Выраженное лордозирование	Пол
19,3	21,1	21,1	31,6	7,0	муж
17,9	22,6	25,0	20,2	14,3	жен

*Примечание:* обнаружено, что и у мужчин, и у женщин нормальное и кифотическое положение аксиса встречались примерно одинаково часто, в то время как слабо выраженное лордозирование чаще встречалось у мужчин, а выраженное лордозирование – у женщин

Таблица 2

**Частота положений аксиса у лиц разного возраста в %**

Положение аксиса	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Выраженное кифозирование, $(\mu\theta-z) \leq -10^\circ$	3,1	13,2	26,0	33,3
Слабое кифозирование, $(\mu\theta-z) -10^\circ < \mu < -2^\circ$	31,3	18,4	16,0	28,6
Норма, $(\mu\theta-z) -2^\circ \leq \mu \leq +2^\circ$	21,9	26,3	28,0	9,5
Слабое лордозирование, $(\mu\theta-z) +2^\circ < \mu < +10^\circ$	37,5	26,3	20,0	14,3
Выраженное лордозирование, $(\mu\theta-z) \geq +10^\circ$	6,3	15,8	10,0	14,3

Проведенное исследование возрастных особенностей положения аксиса показало, что число пациентов с нормальным положением аксиса в 1, 2 и 3 группах, постепенно увеличивалось, а в 4 – группе обследованных уменьшилось более чем в 2 раза. Число пациентов со слабо выраженным кифозированием в 1, 2 и 3 группах постепенно снижалось, но в 4 группе снова увеличилось. Важно отметить, что это происходило на фоне увеличения числа пациентов с выраженным кифозированием аксиса, что наблюдалось во всех обследованных группах. Резкий скачок их числа наблюдался у пациентов 3 группы, где количество пациентов с выраженным кифозированием увеличилось почти в 2 раза, в 4 группе выраженный лордоз наблюдался уже у трети пациентов. Число пациентов со слабо выраженным лордозированием аксиса при сравнении от 1 до 4 группы снизилось более, чем в 2 раза. Число пациентов с выраженным лордозированием аксиса диагностировалось относительно редко у пациентов 1 группы, но увеличилось у пациентов 2 группы, и сохранилось на том же уровне у пациентов 4 группы. Таким образом, у обследованных пациентов наблюдался возрастной тренд в виде увеличения частоты кифозирования и его усиления, а также снижения частоты лордозирования аксиса у лиц пожилого и старческого возраста.

**Заключение.** Предложенная методика эффективна для описания положения аксиса относительно продольной вертикальной оси у каждого пациента. Количественная оценка положения аксиса возможна путем измерения величины угла  $\mu\theta$ , образуемого отрезком касательной, проведенной к рентгенологической тени дорзальной стенки тела *СII*, и затылочной вертикалью.

Для приведения измерений к одинаковым условиям предложено использовать угол между перпендикуляром к касательной, проведенной к рентгенологической тени твердого неба относительно затылочной вертикали – угол  $z$ , показывающий направление и величину возможного произвольного отклонения головы пациента во время рентгенографии. Скорректированное значение угла  $\mu$  определялось по формуле  $\mu = \mu\theta - z$

У мужчин и у женщин нормальное положение аксиса встречалось одинаково часто. Слабо выраженное лордозирование чаще встречалось у мужчин, а выраженное лордозирование – у женщин.

Существует возрастной тренд положения аксиса: в виде увеличения частоты его кифозирования и снижения частоты лордозирования у лиц пожилого и старческого возраста, а также снижения частоты нормального положения у пациентов старческого возраста.

### Литература

1. Бродская З.Л. Рентгенологические количественные показатели нормального состояния черепно-шейной области. Нейрохирургическое лечение последствий атлантаксиальных дислокаций: сборник науч. трудов / Под ред. А.И.Осна. Л., 1979. С. 45–57.
2. Возрастная классификация ВОЗ [электронный ресурс]. Возрастная классификация ВОЗ, свободный. Загл. с экрана. URL: <https://healthperfect.ru/voznrastnye-kategoriiyudey.html> (дата обращения 18.01.2020).
3. Гаже П.-М., Вебер Б., Бонье Л., Боке Ж., Корню Ж.-И., Ферре Ж., Маруччи К., Пишон Ж., Шайбель А., Туле М., Вильнёв Ф., Замфиреско Ф. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека: пер с французского / под ред. В.И. Усачёва. СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2008. 316 с.
4. Капанджи А.И. Позвоночник: Физиология суставов; пер. с англ. Е.В.Кишиневского. М.: Эксмо, 2009. 344 с.
5. Орел А.М. Системный анализ рентгенограмм позвоночника в практике мануальной медицины. Москва: Издательский дом Видар-М, 2018. 432 с.
6. Орел А.М. Типы статики позвоночника у пациентов молодого, пожилого и старческого возраста // Российский остеопатический журнал. 2020. № 1–2 (48–49). С. 38–48.
7. Baron J.B., Bessineton J.C., Bizzo G. Corellation entre le fonationnement des sjstemes sensorimoteurs labirintieues et oculomoteus ajstant le deplacement du centre de gravite du corps de l'omme eu orthstatis // Agessologie. 1973. Vol. 6, № 144. P. 79–86.
8. White III A.A., Panjabi M.M. Clinical biomechanics of the spine. 2nd ed. Philadelphia, J.B. Lippincott Company, 1990. 722 p.

### References

1. Brodskaya ZL. Rentgenologicheskie kolichestvennye pokazateli normal'nogo sostojaniya cherepno-shejnoy oblasti. Nejrohirurgicheskoe lechenie posledstvij atlantoaksial'nyh dislokacij: sbornik nauch. trudov [Radiological quantitative indicators of the normal state of the cranio-cervical region. Neurosurgical treatment of the consequences of atlantoaxial dislocations: Collection of scientific papers]. Edited by A.I. Osna. L., 1979. Russian.
2. Vozrastnaja klassifikacija VOZ [Age classification of the World Health Organization] [Electronic resource]. Available from: <https://healthperfect.ru/voznrastnyekategorii-lyudey.html> Age classification of the World Health Organization, free. The title from the screen (date accessed 18.01.2020). Russian.
3. Gage PM, Weber B. Posturologija. Reguljacija i narushenija ravnovesija tela cheloveka: per s francuzskogo [Posturology. Regulation and imbalance of the human body]. Translated from the French, edited by VI. Usachev. St. Petersburg : SPbMAPO Publishing House, 2008. Russian.
4. Kapandzhi AI. Pozvonochnik: Fiziologija sustavov [Spine: Physiology of joints]. trans. from English of E.V. Kishinevsky. M.: Eksmo; 2009. Russian.
5. Orel AM. Sistemnyj analiz rentgenogramm pozvonochnika v praktike manual'noj mediciny [System analysis of spine radiographs in the practice of manual medicine]. Moscow: Publishing House Vidar-M; 2018. Russian.
6. Orel AM. Tipy statiki pozvonochnika u pacientov molodogo, pozhilogo i starcheskogo vozrasta [Types of the statics of the spine in patients of young, elderly and senile age]. Russian Osteopathic Journal. 2020; 1–2 (48–49): 38–48. Russian.
7. Baron JB, Bessineton JC, Bizzo GI. Corellation entre le fonationnement des sjstemes sensorimoteurs labirintieues et oculomoteus ajstant le deplacement du centre de gravite du corps de l'omme eu orthstatis. Agessologie. 1973;6(144):79–86.
8. White III AA, Panjabi MM. Clinical biomechanics of the spine Clinical biomechanics of the spine. 2nd ed. Philadelphia, J.B. Lippincott Company; 1990.

---

#### Библиографическая ссылка:

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> (дата обращения: 15.03.2022). DOI: 10.24412/2075-4094-2022-2-3-1\*

#### Bibliographic reference:

Orel AM, Semenova OK. Novyj metod kolichestvennoj ocenki polozhenija aksisa na rentgenogrammah v sagittal'noj proekcii [A new method for quantifying the position of the axis vertebra on radiographs in sagittal plane]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2022 [cited 2022 Mar 15];2 [about 5 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-2/3-1.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-2-3-1

\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2022-2/e2022-2.pdf>