

Минеральная плотность позвонков у больных с шейным остеохондрозом по данным количественной компьютерной томографии

Михайлов А.Н.¹, Лукьяненко Т.Н.²

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск

²Гомельская областная клиническая больница, Беларусь

Mikhailov A.N., Lukyanenka T.N.

¹Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk

²Gomel Regional Clinical Hospital, Belarus

Vertebral mineral density in patients with cervical osteochondrosis according to a quantitative computed tomography

Резюме. Представлены результаты денситометрической характеристики костных структур позвоночных сегментов у 175 пациентов с шейным остеохондрозом в возрасте от 19 до 76 лет, которым выполнены рентгеновская спондилография, рентгеновская компьютерная томография и количественная компьютерная томография. По результатам анализа полученных данных установлена зависимость минеральной плотности кости от особенностей биомеханики шейного отдела позвоночника в норме и при остеохондрозе.

Ключевые слова: шейные позвонки, остеохондроз, минеральная плотность кости, рентгеновская компьютерная томография, количественная компьютерная томография.

Summary. Results of the densitometrical characteristic of bone structures of vertebral segments are presented in article at 175 patients with cervical osteochondrosis aged from 19 to 76 years were collected a film X-ray, the X-ray computed tomography and the quantitative computed tomography (QCT). By results of the analysis of the obtained data dependence of the mineral density of a bone on features of biomechanics of cervical vertebrae in norm is established and at osteochondrosis.

Keywords: cervical vertebrae, osteochondrosis, mineral density of a bone, X-ray computer tomography, quantitative computer tomography.

Остеохондроз позвоночника – одно из самых распространенных хронических заболеваний человека. Проблема остеохондроза не только медицинская, но и социальная. Современная и качественная диагностика остеохондроза шейного отдела позвоночника (ОШОП) зависит от методики визуализации и квалифицированной оценки рентгенологического изо-

бражения позвоночно-двигательных сегментов (ПДС). Объективизация визуальных изображений на сегодняшний день является насущной потребностью всей лучевой диагностики [1, 2].

Количественная компьютерная томография (ККТ) дает возможность количественного анализа минеральной плотности кости в единицах объемной плотности. Данный метод

позволяет анализировать губчатую и кортикальную костную ткань. Оценка параметров кости, включая количественную оценку макроструктурных (геометрия кости) и микроструктурных (объем, количество костных трабекул) ее составляющих, может позволить более четко высказаться об архитектонике костных структур [3]. Методика количественной компьютерной томографии (Quantitative Computed Tomography (QCT)) была разработана американскими специалистами С. Cann, Н. Genant (1980) на базе рентгеновских компьютерных томографов общего назначения [4]. Трабекулярная костная ткань имеет более высокую метаболическую деятельность, чем кортикальная кость, и часто раньше подвергается изменениям, чем кортикальная кость, а это означает, что количественная компьютерная томография позвоночника имеет преимущество по сравнению с другими методами для оценки плотности костной ткани, так как могут быть обнаружены более ранние изменения в минеральной плотности костных элементов [5].

Цель исследования – оценка и анализ рентгеноденситометрических характеристик костных структур позвоночных сегментов при шейном остеохондрозе, что может дать возможность объективно судить об архитектонике и состоянии трабекулярной и кортикальной костной ткани,

а также разработать объективные рентгенологические критерии оценки изменений элементов позвоночного сегмента у пациентов с остеохондрозом и определить их роль в развитии стадийности дегенеративно-дистрофического процесса.

Материалы и методы

С дегенеративно-дистрофическими изменениями шейного отдела позвоночника в рентгеновском отделении Гомельской областной клинической больницы обследовано 175 человек в возрасте от 19 до 76 лет. Всем пациентам выполнено рентгенологическое исследование шейного отдела позвоночника, 95 пациентам проведена рентгеновская компьютерная томография (РКТ) шейного отдела позвоночника на компьютерном томографе GE Light Speed 16 Pro (General Electric Medical Systems, США) по протоколу сканирования «С-spine». Режимы сканирования (кВ, мА), запрограммированные производителем, устанавливались автоматически. Группе из 30 пациентов (средний возраст $46,4 \pm 9$ лет), в том числе 13 мужчин (средний возраст 45 ± 9 лет) и 17 женщин (средний возраст $47,5 \pm 9,1$ лет), дополнительно выполнена количественная компьютерная томография шейного отдела позвоночника с целью анализа рентгеноденситометрических характеристик костных структур позвоночных сегментов

и оценки минеральной плотности кости (программное обеспечение системы денситометрии и аналитических процедур изображения измерения минеральной плотности кости (quantitative computed tomography (QCT-5000) Bone densitometry procedures for the measurement of bone mineral density (BMD)) [6]. Эта методика включает в себя выполнение топограммы шейного отдела позвоночника, планирование аксиальных сканов через центры тел С2-С7 позвонков, причем угол наклона Гентри соответствует параллельно направлению замыкательным пластинкам тел позвонков. Также обязательно необходимо использовать эталонный стандарт (специальный калибровочный фантом), содержащий K_2HPO_4 , который располагается во время исследования на столе томографа под зоной интереса и сканируется вместе с пациентом. Все исследования компьютерной томографии, анализ изображений, измерение и вычисление рентгеноденситометрических характеристик костных структур позвоночных сегментов и минеральной плотности кости были выполнены на одном и том же компьютерном томографе GE Light Speed 16 Pro при использовании идентичных параметров протокола РКТ и программного обеспечения системы денситометрии и аналитических процедур изображе-

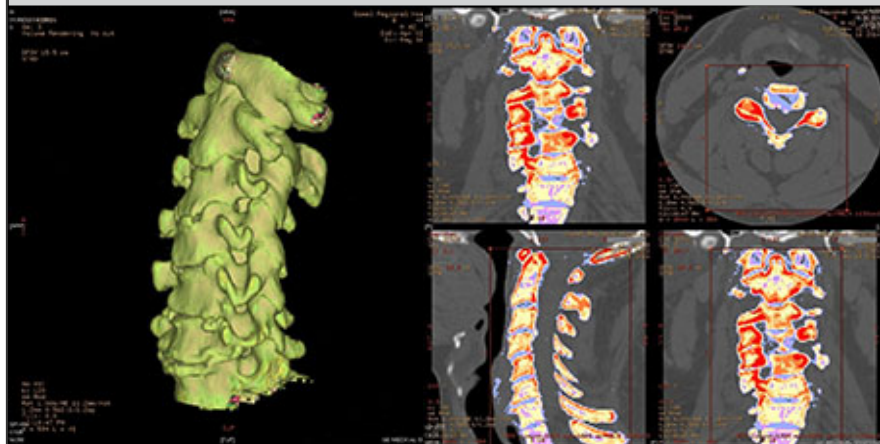
ния измерения минеральной плотности кости [6].

Результаты и обсуждение

При проведении спондилографического исследования имеется определенная сложность оценки рентгенологических симптомов, которые характеризуют изменения костной структуры в рентгеновском изображении при шейном остеохондрозе, что может быть обусловлено как недостаточностью достоверных критериев оценки состояния костной ткани при шейном остеохондрозе, так и наличием субъективности восприятия получаемых изображений, а также порой качеством выполнения рентгенологического исследования.

При анализе рентгенограмм I стадия шейного остеохондроза была выявлена у 18 человек (10,3%), II стадия – у 65 человек (37,2%), III – у 54 человек (46,8%), IV – у 38 (21,7%). У пациентов с ОШОП, в соответствии с классификацией И.С. Абельской и соавт. (2003) [7], определялись следующие рентгенологические признаки: выпрямление физиологического лордоза, нарушение функции позвоночно-двигательных сегментов (ПДС), снижение высоты межпозвонковых дисков, склероз замыкательных пластинок, субхондральный склероз, краевые костные разрастания, спондилоартроз, деформирующий ункоартроз, сужение межпозвонковых отверстий

Рисунок 1 Компьютерная томография шейного отдела позвоночника



и сужение позвоночного канала [7, 8]. При проведении компьютерной томографии II стадия ОШОП была выявлена у 30 пациентов (31,6%), III – у 32 (33,7%), IV – у 33 (34,7%).

Метод РКТ позволяет визуализировать структурные изменения позвонков, грыжи межпозвоночных дисков, «вакуум-феномен», определить стеноз позвоночного канала, изменения в атлanto-осевом сочленении, артроз полулунных и суставных отростков, изменения связочного аппарата [7, 8], а также оценить архитектуру и состояние костной ткани как качественно, так и количественно (рис. 1).

Сложная геометрия шейного отдела позвоночника обеспечивает полиморфность движений, в результате чего многократные точки воздействия нагрузки могут быть направлены как к каждому позвонку,

так и на шейный отдел позвоночника в целом. Бессимптомная шея способна к большому разнообразию движений, в пределах от простых движений до их комплекса. Таким образом, анатомические структуры, которые представляют шейный отдел позвоночника, обычно подвергаются разнообразным комбинациям нагрузок. В соответствии с этим значения минеральной плотности кости от уровня С3 до С5 позвонков возрастают, достигая максимума на уровне С5, с последующим убыванием на уровне С7 позвонка. Кроме того, многократные воздействия в точках приложения на элементы ПДС приводят соответственно к изменению в типе и величине нагрузки как на различные анатомические области в пределах каждого позвонка, так и с учетом физиологического лордоза шейного отдела позвоночника. Ве-

Таблица 1 Минеральная плотность кости (среднее значение в мг/см ³) у пациентов с ОШОП при количественной компьютерной томографии шейного отдела позвоночника						
Пол	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Мужчины	257,5±69,7	275,5±57,1	285,8±54,6	280,3±58,7	245,9±37,6	217,1±52,1
Женщины	262,1±70,2	304,8±56,3	326,9±62,3	322,3±50,3	287,1±46,9	260,1±50,4

роятно, что эта нагрузка будет отличаться и на разных уровнях шейного отдела позвоночника. Соответственно архитектура костных структур позвоночных сегментов будет изменяться в пределах отдельного позвонка и отличаться в зависимости от анатомических особенностей уровня позвоночника [9, 10].

Анализ значений минеральной плотности кости (мг/см³) у пациентов с ОШОП показал, что эти значения возрастают от уровня C3 к C4 позвонку и достигают максимума на уровне C4, а от уровня C5 и дистальнее отмечается снижение показателей в порядке убывания, достигая минимума на уровне C7, что может свидетельствовать об изменении точек и направления воздействия нагрузки на элементы ПДС в связи со смещением центра нагрузки и выпрямления шейного лордоза (табл. 1, рис. 2).

При измерении и оценке плотностных показателей костных структур ПДС при КТ-денситометрии по шкале Хаунсфилда (НУ) у пациентов с

ОШОП отмечается корреляция этих данных (табл. 2).

При измерении и оценке плотностных показателей губчатого вещества тел позвонков отмечается, что средние значения их были выше в области средних отделов на уровне C3, C4 позвонков, тогда как в телах C6, C7 более высокие денситометрические показатели определяются в передних отделах, а в те-

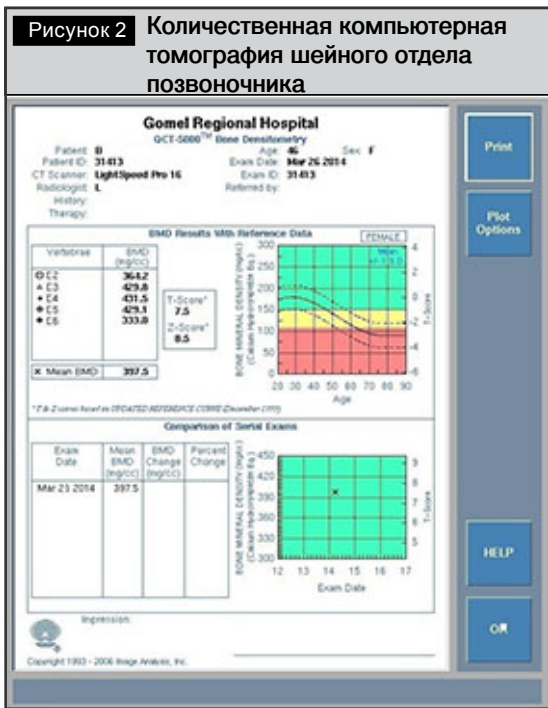


Таблица 2 Плотностные показатели костной ткани при измерении и оценке костных структур ПДС при КТ-денситометрии по шкале Хаунсфилда (НУ) у пациентов с ОШОП						
Пол	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Женщины	391±72,3	399,3±78,7	414,2±64,6	400,3±59,6	372±60,6	274±44,3
Мужчины	344,7±53,5	370,7±60,7	393,7±61,5	379,5±65,2	362,5±57,7	291,7±44,1

лах позвонков C2 и C5 эти значения в равных долях были отмечены как в переднем, так и в среднем и задних отделах. Губчатое вещество тел позвонков имеет неоднородную структуру (костные трабекулы, костный мозг, сосуды) и может изменять свое функциональное состояние: в зависимости находятся костные трабекулы в данный момент под действием сил механической энергии или нет, колеблется гидростатическое давление костного мозга и давление в кровеносных сосудах и т. д. Видимо, процесс уменьшения работы сил механической энергии в губчатом веществе происходит вследствие поглощения энергии, рассеяния на границах сред и преобразования в другие, немеханические формы энергии [9–13].

На уровне тел C3–C6 отмечалось различие денситометрических показателей трабекулярной костной ткани в центральных отделах тел справа и слева на 11–75%, что чаще ассоциировалось с изменениями клинического характера (правосторонняя или левосторонняя цервикобрахиалгия, синдром плечо – кисть) [14–16].

Согласно закону биомеханики, изменения первоначальной формы элементов ПДС под действием продолжительных нагрузок ведут к изменению внутренней архитектуры кости, что, как вторичный эффект, приводит и к изменению внешней формы, то есть кость постепенно приспосабливается к новым статическим требованиям, изменяя свою внутреннюю структуру. Костные трабекулы перестраиваются соответственно траекториям воздействия нагрузки, что ведет к перестройке костной ткани с наличием как участков остеопороза, так и остеосклероза, что свидетельствует о «ремоделирующей силе кости». Кость изменяет свою внутреннюю архитектуру посредством внутриканевого роста и непосредственной перестройки трабекул, а механические факторы оказывают решающее влияние на формирование внешней формы кости, а именно вызывают ее деформацию [9–15, 18–21].

Плотность компактного слоя костной ткани была выше в задних отделах тел позвонков (470,5±48,5) по сравнению с передними

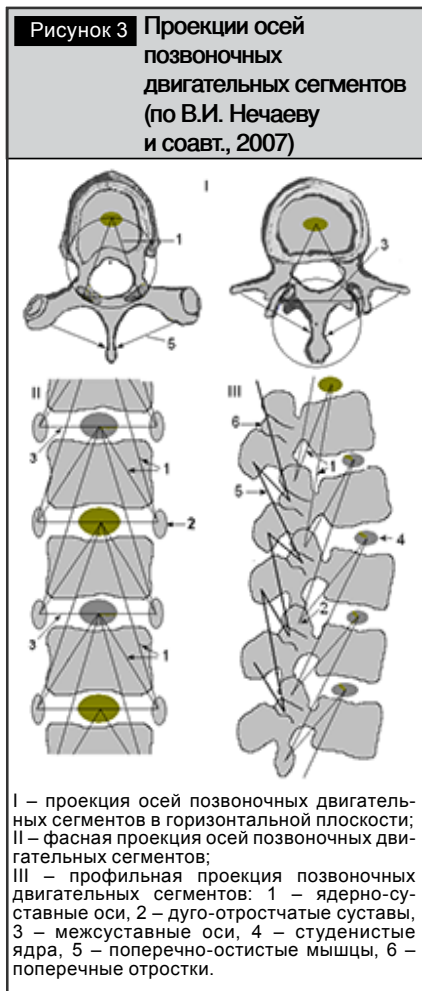
(375,4±52,2), что может свидетельствовать о множественном приложении сил механической энергии. Векторы действия внутренних сил механической энергии в монолитном компактном костном слое боковых поверхностей тел позвонков и в губчатом веществе влияют на трансформацию архитектоники костной ткани и изменение формы тела позвонка [14–16].

Во всех случаях при оценке рентгеноденситометрических характеристик костных структур позвоночно-двигательных сегментов у пациентов с ОШОП отмечается корреляция данных между плотностными показателями костной ткани в центральных отделах тел позвонков и дужками на уровне С3 ($r=0,4$; $p=0,08$), С4 ($r=0,5$; $p=0,006$), С5 ($r=0,4$; $p=0,044$), С6 ($r=0,6$; $p=0,001$), С7 ($r=0,5$; $p=0,006$), что также свидетельствует о закономерностях, существующих между биомеханикой и морфологией костной ткани в результате многократного воздействия функциональной нагрузки.

Каждый позвонок относится одновременно к двум позвоночно-двигательным сегментам, является верхним для нижнего сегмента и нижним для верхнего сегмента. Ядерно-суставные оси, существующие в области позвоночного столба, позволяют позвонкам совершать сложные движения, которые можно

представить как результат сложения простых движений вокруг трех взаимно перпендикулярных осей – вертикальной, сагиттальной и фронтальной, и в плоскостях, обеспечивая сложные движения в целом [9, 13, 15, 20, 21] (рис. 3).

Таким образом, с точки зрения биомеханики шейный отдел позвоночника представляет собой один



из сложных отделов опорно-двигательного аппарата человека. Анатомо-биомеханические особенности его обуславливают функциональную подвижность и единый стабильный комплекс.

Применение компьютерной томографии позволяет определить не только характер и распространенность поражения позвоночника на уровне исследования, но и проанализировать рентгеноденситометрические характеристики костных структур позвоночных сегментов при шейном остеохондрозе, что дает возможность объективно судить о состоянии трабекулярной и кортикальной костной ткани. Рентгеноденситометрические исследования, по нашему мнению, в дальнейшем могут помочь в разработке объективных критериев оценки макро- и микроструктурных изменений элементов позвоночного сегмента у пациентов с остеохондрозом, а также определить их роль в развитии рентгенологической стадийности дегенеративно-дистрофического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абельская, И.С.* Остеохондроз шейного отдела позвоночника / И.С.Абельская, О.А.Михайлов; под ред. А.Н.Михайлова. – Минск: БелМАПО, 2004. – 219 с.
2. *Михайлов, А.Н.* Рентгенодиагностика заболеваний костно-суставной системы / А.Н.Михайлов. – Минск: БелМАПО, 2011. – 299 с.
3. *Рубин, М.П.* Преимущества и недостатки рентгеновской двухэнергетической остеоденситометрии в диагностике остеопороза / М.П. Рубин // Радиология. Практика. – 2009. – №3. – С. 12–17.
4. *Риггз, Б.Л.,* Остеопороз. Этиология, диагностика, лечение / Б.Л.Риггз, Л.Дж.Мелтон / пер. с англ. – М.; СПб., 2000. – 273 с.
5. *Adams, J.E.* Quantitative computed tomography / J.E.Adams // Eur. J. Radiol. – 2009. – Vol.71, N3. – P. 415–424.
6. User's guide QCT-5000 CT bone mineral density (BMD). QCT-bone mineral™ analysis is a trademark of image analysis // General Electric Medical Systems. – 2004. – 88 p.
7. *Абельская, И.С.* Шейный остеохондроз: диагностика и медицинская реабилитация / И.С.Абельская, О.А.Михайлов, В.Б.Смычек; под ред. А.Н.Михайлова. – Минск: БелМАПО, 2007. – 347 с.
8. Лучевая визуализация шейно-плечевого синдрома у больных шейным остеохондрозом / А.Н.Михайлов [и др.]. – Минск: БелМАПО, 2010. – 203 с.
9. Cervical spine bone mineral density as a function of vertebral level and anatomic location / W.J.Anderst [et al.] // Spine J. – 2011. – Vol.11, N7. – P.659–667.
10. *Bartl, R.* Osteoporose. Prevention. Diagnostik. Therapie / R.Bartl, Ch.Bartl. – Stuttgart; New York: Georg Thieme Verlag KG, 2011. – 385 p.
11. Остеопороз / А.И. Воложин [и др.]. – М.: Медицина, 2005. – 238 с.
12. *Беневоленская, Л.И.* Патогенез остеопороза / Л.И.Беневоленская, Е.Л.Насонов; под ред. Л.И.Беневоленской. – М.: БИНОМ, 2003. – С.77–104.
13. *Михайлов, А.Н.* Способ установки корреляционных связей между плотностью костной ткани и кровоснабжением позвоночных сегментов при остеохондрозе шейного отдела позвоночника / А.Н.Михайлов, Т.Н.Лукьяненко // Актуальные проблемы медицины Гомельской области: м-лы ежегод. науч. -практ. конф. – Гомель, 2013. – С.92–93.
14. *Петак, С.М.* Денситометрия: интерпретация результатов исследования / С.М.Петак: Методические указания Международного общества клинической денситометрии // Остеопороз и остеопатии. – 2004. – №2. – С. 11–13.
15. *Михайлов, А.Н.* Способ установки корреляционных связей между плотностью костных структур и стадиями остеохондроза / А.Н.Михайлов, Т.Н.Лукьяненко // М-лы Невского радиолог. форума, Санкт-Петербург, 5–7 апреля 2013 г. – СПб: «ЭЛБИ-СПб», 2013. – С. 141.

16. *Михайлов, А.Н.* Лучевая визуализация изменений костной структуры ПДС при остеохондрозе позвоночника / А.Н.Михайлов, Т.Н.Лукияненко // Актуальные вопросы диагностики и терапии пациентов старших возрастных групп: м-лы Республ. науч. -практ. конф., посвященной дню пожилых людей, Минск, 27 сент. 2013 г. – Минск: БелМАПО, 2013. – С.128–129.

17. *Михайлов, А.Н.* Минеральная плотность позвоночника при его остеохондрозе / А.Н.Михайлов, Т.Н.Лукияненко // М-лы VIII Всерос. Нац. конгр. лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2014», Москва, 28–30 мая 2014 г. – М.: REJR, 2014. – С.20–21.

18. *Mann, V.* Meta-analysis of COL1A1 Sp1

polymorphism in relation to bone mineral density and osteoporotic fracture / VMann, S.H.Ralston // Bone. – 2003. –Vol.32. – P.711–717.

19. Genetic predisposition for adult lactose intolerance and relation to diet, bone density, and bone fractures / B.M.Obermayer-Pietsch [et al.] // J. Bone Miner. Res. – 2004. –Vol.19. – P.42–47.

20. Molecular genetic studies of gene identification for osteoporosis: the 2009 update /X.H. Xu [et al.] // Endocr. Rev. – 2010. – Vol. 31. – P.447–505.

21. *Нечаев, В.И.* Основы теории локомоторной морфологии позвоночного столба человека / В.И.Нечаев, Е.В.Малашенкова // Электрон. матем. и мед.-биол. журн. – 2007. – Т.6, вып.3. – С.23.

The image is a screenshot of a video player showing an advertisement for Panangin. At the top left, there is a logo with the letters 'PC' inside a circle, followed by the text 'ГЕДЕОН РИХТЕР'. The main visual is a blue circular graphic with a maze-like pattern and a red heart in the center, with the letters 'K' and 'Mg' on either side. To the right of this graphic is a white box of Panangin tablets, with the brand name 'ПАНАНГИН' in blue and red letters. Below the box, it says '50 таблеток' and 'покрытые пленочной оболочкой'. The background is a light beige color. At the bottom of the video frame, there is a black bar with white text that reads 'ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОКОНСУЛЬТИРУЙТЕСЬ С ВРАЧОМ'. The video player interface at the bottom shows 'divx MPG1 MP2 115.mpg' and a progress bar at 00:00:00 / 00:00:14.