

Т.А. Гайдарова, М.В. Федотова, Н.А. Еремина, Д.В. Иншаков, Т.К. Литвинова

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕНТГЕНОМОРФОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ АЛЬВЕОЛЯРНОЙ КОСТИ

Иркутский государственный медицинский университет (Иркутск)
Иркутский государственный университет (Иркутск)
Иркутский диагностический центр (Иркутск)

Авторы обосновывают применение метода определения минеральной плотности альвеолярной кости по рентгенологическому снимку для изучения не только патологических состояний опорно-удерживающего аппарата зуба, но и выявления больных, составляющих группу риска развития пародонтовой патологии, что позволит существенно снизить затраты на лечение данной патологии.

Ключевые слова: альвеолярная кость, минеральная плотность, рентгеноморфометрия

THE METHOD OF USE OF ROENTGENOMORPHOMETRY FOR ESTIMATION MINERAL DENSITY OF BONE TISSUE OF ALVEOLAR BONE

T.A. Gaidarova, M.V. Fedotova, N.A. Eremina, D.V. Inshakov, T.K. Litvinova

Irkutsk State Medical University, Irkutsk
Irkutsk State University, Irkutsk
Diagnostic Center, Irkutsk

The authors ground application of method of assessment of mineral density of alveolar bone by roentgenogram not only for study of pathological state of support-retentive apparatus of a tooth, but also for revealing patients forming group of risk by development of parodontal diseases. The application of this method may significantly reduce of costs on treatment of this pathology.

Key words: alveolar bone, mineral density, roentgenomorphometry

Изучение нормального строения челюстных костей взрослого человека существенно как в теоретическом, так и в практическом отношении. Значение его обусловлено, прежде всего тем, что нормальные структуры челюстей являются своего рода отправным пунктом в диагностике и лечении многих стоматологических заболеваний [1].

Исследования последних лет в области изучения этиологии и патогенеза заболеваний пародонта показали, что генерализованный патологический процесс является следствием нарушения обменных процессов в организме в целом, а именно нарушения минерализации костной ткани [4, 5].

В последние десятилетия наблюдается быстрое развитие специальных неинвазивных методов исследования костной ткани, позволяющих с высокой точностью определять минеральную костную массу и минеральную плотность костной ткани (МПКТ) как во всем скелете, так и в отдельных его участках [3].

Измерение МПКТ считается наиболее надежным методом оценки кальциевого баланса. Для оценки МПКТ в настоящее время используются рентгеновские, фотонные и ультразвуковые абсорциометры (денситометры), а также количественная компьютерная томография.

В измерении МПКТ нуждаются все больные остеопорозом и другими заболеваниями, сопровождающимися нарушением минерализации ко-

стной ткани, включая остеодистрофию (нарушение ремоделирования костной ткани). Скрининговые денситометрические исследования рекомендуется проводить пациентам любого возраста с заболеваниями, влияющими на обмен кальция в костной ткани.

Спектр современной аппаратуры для неинвазивной диагностики остеопороза широк, однако почти все они имеют свои недостатки в отношении использования их в стоматологической практике: недостаточная точность ультразвуковых методов исследования и слабая корреляция с данными ДEXA не позволяет однозначно интерпретировать результаты при постановке диагноза остеопороза, дихроматические фотонные денситометры, у больных с низкой минеральной костной массой, не обеспечивают точную визуализацию из-за нестабильности в работе радиоизотопной трубки. Дихроматическая фотонная денситометрия не проводится больным с выраженными дегенеративными изменениями. Самым уникальным методом в настоящее время является количественная компьютерная томография (КТ), которая позволяет отдельно оценивать МПКТ трабекулярной и кортикальной костной ткани. Однако КТ является дорогостоящей процедурой.

На основании вышесказанного целью настоящего исследования явилась разработка методики определения минеральной плотности челюстных

костей с помощью метода радиовизиографии, который мог бы способствовать снижению себестоимости процедуры, повышению его доступности, позволяющего диагностировать не только развившуюся стадию пародонтита, но и выявить больных, составляющих группу риска развития данной патологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленной цели нами было обследовано 68 больных бруксизмом в возрасте от 35 до 40 лет. В группу клинического сравнения вошли 15 практически здоровых людей, не имеющих признаков бруксизма и пародонтита.

Из существующих методов оценки минеральной плотности костной ткани для сравнения нами была выбрана рентгеновская абсорбциометрия в ее моноэнергетическом варианте, позволяющая использовать практически любой дентальный рентгеновский аппарат. Минеральную плотность альвеолярной кости исследовали при помощи двух аппаратов: денситометром фирмы LUNAR (DPX-IQ 5947) (США) и радиовизиографом «Trophy».

Аппарат фирмы LUNAR (DPX-IQ 5947) (США) относится к группе дихроматических рентгеновских абсорбциометров, имеет высокую разрешающую способность и непродолжительное время сканирования. Аппарат измеряет МПКТ (суммарно трабекулярную и кортикальную кость) в граммах на квадратный сантиметр ($г/см^2$). При проведении денситометрического исследования костной ткани альвеолярной кости на данном аппарате пациент лежит на животе в центре и параллельно продольной оси стола, голова укладывается на бок. Область исследования должна включать в полном объеме верхнюю и нижнюю челюсти. Для стандартизации оценки МПКТ область, которая в дальнейшем будет подвергнута анализу, устанавливается оператором вручную. Таким образом, фиксируется удвоенное значение минеральной плотности альвеолярной кости в боковых участках верхней и нижней челюстей.

В стоматологической клинике минеральную плотность альвеолярной кости исследовали при помощи рентгенологического радиовизиографа (RVG) «Trophy». Оптическую плотность костной ткани (суммарно трабекулярную и кортикальную кость) измеряли между корнями соседних зубов (центральных и боковых резцов, вторых премоляров и первых моляров верхней и нижней челюстей) в области S линии, проходящей по нижнему (для нижней челюсти) и по верхнему (для верхней челюсти) краю дна альвеолярной лунки. В наших экспериментах использовался дентальный рентгеновский радиовизиограф «Trophy» с цифровой электронной регистрацией. Матричный, чувствительный элемент аппарата позволяет получать двухмерное изображение, имитирующее пленочный негативный рентгеновский снимок на мониторе компьютера, а также его распечатку. Специальные интерфейсные средства дают возможность выделить на снимке интересующий участок и из-

мерить его яркость по шкале прибора. Шкала яркости прибора, по смыслу соответствующая плотности почернения снимка в пленочной рентгенографии, имеет 256 градаций (8 цифровых двоичных разрядов). Для попадания всех деталей «снимка» в этот диапазон яркостей, для каждого объекта подбирается своя экспозиция облучения. Неодинаковость экспозиции и нелинейность канала регистрации потребовали принятия специальных мер для обеспечения возможности однозначного количественного измерения минеральной плотности тканей по яркости их рентгеновского изображения. Для этого в процесс измерения добавляется процедура градуировки по известной оптической плотности с помощью специального, ступенчатого ослабителя (решение о выдаче патента № 2005138614/043090 от 12.12.2005).

Ступенчатый ослабитель для наших исследований был изготовлен в виде полосы из медного сплава размером 4×15 мм, толщина которой по длине была не одинаковой и ступенчато изменялась от 0,1 до 0,5 мм с шагом 0,1 мм. Компактность устройства позволяет получать в поле снимка интересующего участка челюсти яркостные метки от объекта с известной оптической плотностью. Ступенчатый ослабитель устанавливается над зубом, не затеняя его в рентгеновских лучах, в каждом снимке, и изображение всех его ступеней вместе с интересующими костными областями «фотометрируется». Далее по пяти измеренным значениям яркости изображения ступеней ослабителя (меткам) строится градуировочная кривая, представляющая зависимость яркости изображения ступеней от их толщины в миллиметрах меди. По данной градуировочной кривой, в свою очередь, определяется минеральная плотность интересующей области или точки в миллиметрах эквивалентного по ослаблению излучения слоя меди.

Имея калибровочный фантом, содержащий гидроксипатит кальция, при необходимости можно всего за один снимок получить поправочный коэффициент для перехода от толщины слоя меди к толщине слоя гидроксипатита кальция и к массе 1 квадратного сантиметра этого слоя, т.е. к степени минерализации в $г/см^2$.

Процесс определения минеральной плотности тканей автоматизирован с помощью вычислительных возможностей программы Microsoft Excel и занимает для одного снимка вместе с градуировкой около трех минут.

Таким образом, зная коэффициенты поглощения простых веществ, атомы которых входят в состав молекул, можно рассчитать коэффициент поглощения любого вещества. Таблицы коэффициентов поглощения для рентгеновского излучения разной жесткости приводятся в справочных изданиях по рентгеновскому анализу веществ [2]. Расчеты, проведенные нами для меди и гидроксипатита кальция, химическая формула которого $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, показали, что массовые коэффициенты этих веществ отличаются в 5,6 раза. Это означает, что слой меди толщиной 1 мм, для кото-

рой $\rho = 8,96 \text{ г/см}^3$, ослабляет рентгеновское излучение как слой гидроксиапатита, имеющий плотность 5 г/см^2 , т.е. 1 мм Си эквивалентен 5 г/см^2 ГКА. Экспериментальная проверка с использованием тканеэквивалентного фантома остеоденситометра LUNAR (DPX-IQ 5947) (США) показала близкие результаты.

Плотность костной ткани зависит от степени ее минерализации — объемного удельного содержания гидроксиапатита кальция. При одинаковой толщине кости рентгеновское излучение будет сильнее ослабляться более плотной тканью, содержащей большее количество солей кальция на единицу площади в проекции рентгеновского луча. Глубина проникаемости рентгеновского излучения заданной жесткости (энергии кванта) говорит о разной минеральной плотности образцов, которые принято выражать в граммах на квадратный сантиметр (г/см^2). Следовательно, за величину минеральной плотности кости для рентгеновского излучения принята масса кальциевой минеральной компоненты столбика из исследуемого образца сечением 1 см^2 . Отсюда следует, что сравнивать степень минерализации тканей, имеющих одинаковую толщину, можно по степени ослабления рентгеновского излучения в единицах минеральной плотности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поскольку значения минеральной плотности альвеолярной кости в боковых участках верхней и нижней челюстей, полученные при помощи денситометра LUNAR (DPX-IQ 5947) удвоенные, измерить минеральную плотность альвеолярных костей во фронтальном участке не представляется возможным данным аппаратом, мы считаем, что целесообразно проводить данную манипуляцию с помощью радиовизиографа «Тгору».

Минеральная плотность альвеолярной кости, полученная при помощи RVG, в контрольной груп-

пе обследуемых как в боковых, так и во фронтальном участке верхней челюсти выше, чем на нижней челюсти, и составляет $1,55 \pm 0,11 \text{ г/см}^2$ и $1,9 \pm 0,1 \text{ г/см}^2$ соответственно.

Значения минеральной плотности в области альвеолярной кости в латентной стадии заболевания верхней и нижней челюстей ниже контрольных значений от 2,6 до 7,4 %.

В боковых отделах нижней челюсти при легкой степени тяжести бруксизма плотность костной ткани уменьшается на 16,6 % по сравнению с контрольными значениями и составляет $1,125 \pm 0,1 \text{ г/см}^2$, в то время как во фронтальном отделе снижение плотности достигает 30 % ($1,25 \pm 0,12 \text{ г/см}^2$). Следовательно, уровень деминерализации альвеолярной кости нижней челюсти во фронтальном участке опережает таковую в боковых отделах почти в два раза.

Динамика патологических изменений при средней степени тяжести бруксизма на нижней челюсти характеризуется снижением плотности костной ткани в боковых отделах на 40,7 % по сравнению с данными контрольной группы, а во фронтальном отделе — на 52,7 %.

Результаты денситометрических исследований показали, что минеральная плотность альвеолярной кости нижней челюсти при тяжелой степени бруксизма продолжают снижаться в боковых отделах на 37 %, а во фронтальном отделе — на 61,1 % относительно контрольных значений.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что снижение уровня минеральной плотности альвеолярной кости во фронтальном отделе нижней челюсти значительно опережает таковую в боковых отделах от легкой до тяжелой степени заболевания.

При легкой степени тяжести бруксизма в боковых отделах верхней челюсти также отмечается снижение минеральной плотности, опережающее таковую во фронтальном отделе, и составляет 27,4 и 10,5 % соответственно.

Таблица 1
Результаты исследования минеральной плотности альвеолярных костей с помощью денситометра Lunar (DPX-IQ 5947) и радиовизиографа «Тгору» в контрольной группе обследуемых и у больных бруксизмом ($M \pm t$)

Степень тяжести бруксизма	Денситометрия боковых участков челюстей LUNAR (DPX-IQ 5947), г/см^2		RVG			
			Плотность костной ткани альвеолярной кости верхней челюсти, г/см^2		Плотность костной ткани альвеолярной кости нижней челюсти, г/см^2	
	в/ч	н/ч	фронтальный участок	боковой участок	фронтальный участок	боковой участок
Контрольная группа	$2,8 \pm 0,05$	$2,7 \pm 0,06$	$1,9 \pm 0,10$	$1,55 \pm 0,11$	$1,8 \pm 0,17$	$1,35 \pm 0,15$
I. Латентная стадия	$2,7 \pm 0,08$	$2,6 \pm 0,15$	$1,85 \pm 0,12$	$1,5 \pm 0,60$	$1,75 \pm 0,18$	$1,25 \pm 0,12$
II. Стадия манифестации:						
Легкая	$2,4 \pm 0,06^*$	$2,3 \pm 0,06^*$	$1,7 \pm 0,11$	$1,125 \pm 0,10^*$	$1,25 \pm 0,12^*$	$1,125 \pm 0,11$
Средняя	$2,1 \pm 0,04^{***}$	$2,8 \pm 0,02^{***}$	$1,3 \pm 0,13^{**}$	$1,075 \pm 0,09^{**}$	$0,85 \pm 0,08^{***}$	$0,8 \pm 0,06^{**}$
Тяжелая	$1,6 \pm 0,03^{***}$	$1,5 \pm 0,01^{***}$	$1,05 \pm 0,14^{***}$	$0,7 \pm 0,07^{***}$	$0,7 \pm 0,06^{***}$	$0,85 \pm 0,07^*$

Примечание: * — $p < 0,05$ в сравнении с контрольной группой; ** — $p < 0,01$ в сравнении с контрольной группой; *** — $p < 0,001$ в сравнении с контрольной группой.

Средняя степень тяжести заболевания на верхней челюсти характеризуется выравниванием значений резорбции альвеолярной кости как в боковых отделах, так и во фронтальном участке.

При тяжелой степени заболевания наблюдается дальнейшее нарастание остеопоротических изменений в боковых отделах — 54,8 %, что на 10,1 % больше, чем во фронтальном участке.

Таким образом, на основании вышеизложенного мы пришли к выводу, что снижение минеральной плотности альвеолярной кости в боковых отделах верхней челюсти опережает таковую во фронтальном участке: при легкой степени тяжести — на 16,9 %, при средней — на 0,9 % в пользу боковых участков, при тяжелой степени — на 10,1 %.

Динамика патологических изменений в альвеолярной кости при пародонтопатии у больных бруксизмом выглядит следующим образом: на нижней челюсти процессы снижения плотности костной ткани во фронтальном отделе опережают таковые в боковых участках от легкой до тяжелой степени тяжести заболевания.

На верхней челюсти: резорбция в боковых отделах опережает таковую во фронтальном, за исключением средней степени тяжести.

Полученные результаты позволяют предположить, что формирование пародонтопатии у больных бруксизмом обусловлено остеопоротическими изменениями альвеолярной кости верхней и нижней челюстей и действием «ортодонтических» сил средней и большой величины, возникающих в момент приступов «ночного скрежетания».

Таким образом, результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что совокупность выбранных нами признаков дает возможность

оценить качественные и количественные характеристики альвеолярной кости путем точных математических измерений, а представленная методика позволяет производить рентгеновскую остеоденситометрию в общепринятых единицах минеральной плотности костной ткани в условиях стоматологической поликлиники.

Метод определения минеральной плотности альвеолярной кости по рентгенологическому снимку является актуальным «инструментом» в области изучения не только патологических состояний опорно-удерживающего аппарата зуба, но и выявления больных, составляющих группу риска развития заболеваний пародонта, что позволит существенно снизить затраты на лечение данной патологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бусыгин А.Т. Строение челюстных костей / А.Т. Бусыгин. — Медгиз УзССР, 1962. — 120 с.
2. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л.И. Миркин; Под ред. проф. Я.С. Уманского. — М.: Издательство физико-математической литературы, 1961. — С. 28.
3. Смирнов А.В. Денситометрия костной ткани / А.В. Смирнов // Руководство по остеопорозу. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. — С. 132.
4. Состояние пародонта при генерализованном остеопорозе у женщин с недостаточной функцией яичников // Ю.М. Максимовский и др. // Стоматология. — 1991. — № 1. — С. 24–26.
5. Удовицкая Е.В. Эндокринологические аспекты стоматологии / Е.В. Удовицкая. — М., 1975. — 192 с.