

ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ФТОРИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОЦЕССЫ ПНЕВМАТИЗАЦИИ ЛОБНЫХ ПАЗУХ

Морозова В.В.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, e-mail: Violetochka M@mail.ru

О неблагоприятном влиянии избыточного количества соединений фтора на костную ткань известно давно, однако работ, посвященных воздействию хронической фторной интоксикации на процессы развития воздухоносных костей черепа, в литературных источниках не встретилось. Целью исследования было выявить закономерности влияния избыточного количества фтора на скорости роста и инволюции лобной пазухи в экологически неблагоприятном регионе. Проведено морфометрическое исследование лобного синуса по рентгенограммам черепа в носолобной проекции у жителей экологически неблагоприятной зоны - поселка Надвоицы Сегежского района Республики Карелия. Всего было исследовано 317 рентгенограмм пациентов мужского и женского пола в возрасте от четырех до восьмидесяти пяти лет. Контрольную группу составили жители города Петрозаводска. Всего была исследована 331 рентгенограмма пациентов обоего пола в возрасте от четырех до восьмидесяти пяти лет. Полученный цифровой материал делился на возрастные группы без учета пола и был подвергнут статистической обработке. В результате исследования были сделаны следующие выводы: 1) фтористые соединения оказывают неблагоприятное воздействие на пневматизацию лобных пазух; 2) у детей в результате воздействия соединений фтора наблюдается отставание роста лобных пазух, их пневматизация заканчивается позже, а размеры так и не достигают контрольной группы; 3) в зрелом и пожилом возрасте воздействие фтора приводит к развитию раннего остеосклероза воздухоносных костей черепа, что в свою очередь приводит к уменьшению пневматизации по сравнению с контрольной группой.

Ключевые слова: лобные пазухи, экологически неблагоприятные факторы, соединения фтора, процесс пневматизации.

INFLUENCE OF ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE EXAMPLE OF FLUORIDE COMPOUNDS ON THE PROCESSES OF PNEUMATIZATION OF THE FRONTAL SINUSES

Morozova V.V.

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: Violetochka M@mail.ru

The adverse effect of excess fluoride compounds on bone tissue has been known for a long time, however, there were no works devoted to the influence of chronic fluorine intoxication on the processes of pneumatization of airborne bones of the skull in available literary sources. The purpose of this research was to study the dynamics of age-related changes in the size of the frontal sinus and the nature of its pneumatization in an ecologically adverse region under the influence of fluoride compounds on the body. Morphometric examination of the frontal sinus has been performed, according to the radiographs of the skull in the nose-frontal plane of inhabitants of the ecologically adverse zone - the Nadvoitskii village, Segezhsy district, the Republic of Karelia. The control group consisted of inhabitants of Petrozavodsk. The received digital material was divided into age groups without regard to gender and was subjected to statistical processing. The following conclusions are drawn as a result of the research: 1) Fluoride compounds have an adverse effect on the pneumatization of the frontal sinuses; 2) Children as a result of impact to fluoride compounds observed a retard in the growth of the frontal sinuses, their pneumatization ends later, and the size does not reach the control group; 3) The effect of fluoride impact to the development of early osteosclerosis of the airborne bones of the skull in mature and old age, which leads to a reduction in pneumatization compared with the control group.

Keywords: frontal sinuses, environmentally adverse factors, fluoride compounds, pneumatization process.

Проблема неблагоприятного воздействия избыточного количества фтора и его соединений на костную ткань человека изучается уже более 100 лет, однако до сих пор она является актуальной, т.к. растет количество промышленных предприятий, а, значит, и

уровень загрязнения окружающей среды. Становится возможным исследовать скелеты людей, родившихся и проживающих на загрязненных территориях в течение всей жизни. Большинство авторов отмечают негативное влияние фтористых соединений на весь организм, но в большей степени именно на костную и зубочелюстную системы. Так, Д.В. Акимова указывает, что чрезмерное поступление фтора в организм является одним из факторов риска развития остеопороза [1]. По данным И.В. Донских, под действием фтора уменьшается скорость деления клеток в зонах костного роста, наблюдается снижение функциональной активности остеобластов и остеокластов, что в конечном итоге приводит к замедлению роста костей как в длину, так и в толщину [2]. Т.И. Шалина с соавт. [3] изучали влияние избыточного поступления фтора с водой и пищей на здоровье детей. Авторы обнаружили, что в условиях хронической фторной интоксикации кости растут неравномерно и диспропорционально. Также авторы отмечают повышенную заболеваемость костно-мышечной системы у детей и подростков, проживающих в районах с избыточным содержанием фтора, по сравнению с общей популяцией. Т.К. Ядыкина с соавт. [4] показали в эксперименте на мышах, что уже через 6 недель хронической фторной интоксикации появляются изменения в костях в виде истончения костных балок с неравномерным распределением остеонов и признаками эндостального разрастания. Практически все исследователи описывали изменения в длинных трубчатых костях, позвонках, ребрах, костях таза. Воздухоносные кости черепа остались без внимания. Однако можно предположить, что и в них происходят аналогичные процессы. Состояние костной ткани, ее плотность влияют на процессы пневматизации и будущие размеры пазух.

Поселок Надвоицы находится в Сегежском районе Республики Карелия. Градообразующим предприятием является Надвоицкий алюминиевый завод. В результате производственного цикла образуются технологические отходы - различные соединения фтора [5]. Проектировка и строительство предприятия проводились без учета природосохраняющих технологий. За долгие годы эксплуатации хранилища для побочных продуктов производства оказались переполнены, соединения фтора стали попадать в грунтовые воды и почву. В окружающей среде фтор распределяется по зонам: его максимальная концентрация – в зоне 2,5 километра около завода (5-20-кратное превышение предельно допустимой концентрации в почве), а в зоне 5 километров около предприятия его значительно меньше, но все равно выше предельно допустимых значений [6]. В холодное время года распространение фтора достигает 20 километров от завода и превышает в 5 раз предельно допустимые значения. В поселке Надвоицы концентрация фтора и его соединений в почве превышена в 25 раз. По данным ВНПО «Стоматология» от 2016 года, 93% надвоицких детей имеют хроническую фтористую интоксикацию, которая проявляется

флюорозом, причем 82% - в тяжелых степенях.

Метод рентгенографии позволяет проводить прижизненные морфометрические исследования большого количества пациентов. Анатомию околоносовых пазух по данным рентгенограмм изучали многие авторы (Костоманова Н.Г., 1960; Никитюк Д.Б., 1983; Волков А.Г., 2000). Исследователи выявляли закономерности роста пазух у детей различного возраста. К сожалению, эти работы недостаточно освещали возрастные изменения размеров у лиц старше 50 лет. Всесторонне изучили динамику роста лобных пазух вне экологического аспекта С.Е. Сергеев с соавт. [7]. О значительной изменчивости линейных параметров лобных пазух у взрослых людей говорят О.В. Мареев с соавт. [8]. Рентгенанатомические исследования особенностей роста и развития воздухоносных костей черепа с учетом воздействия неблагоприятных факторов внешней среды на примере фтористых соединений ранее не проводились.

Цель исследования. Целью настоящего исследования стало выявить закономерности влияния избыточного количества фтора на скорости роста и инволюции лобных пазух в экологически неблагоприятном регионе.

Материалы и методы исследования

Было выполнено морфометрическое исследование лобных пазух по рентгенограммам черепа в носолобной проекции пациентов разных возрастных групп, рентгенологическое исследование которым проводилось по поводу впервые возникшего острого гайморита (294 случая) и острого фронтита (23 случая). Отбирались рентгенограммы пациентов, родившихся и постоянно проживающих в поселке Надвоицы, мужского и женского пола, в возрасте от 4 до 85 лет - всего 317 рентгенограмм. Пациенты с хроническими воспалительными заболеваниями пазух в исследование не включались. По данным историй болезни, объективные признаки интоксикации фтором (флюороз зубов) наблюдались у 214 пациентов (67,5%).

Контрольную группу составили пациенты, родившиеся и постоянно проживающие в Петрозаводске, которым рентгенологическое исследование также проводилось в связи с острым гайморитом (286 случаев) и острым фронтитом (45 случаев), обоего пола, в возрасте от 4 до 85 лет - всего 331 рентгенограмма. Пациенты с хроническими синуситами в контрольную группу не включались. Город Петрозаводск и поселок Надвоицы находятся в одинаковой климатической зоне, следовательно, другие неблагоприятные средовые факторы (территория, приравненная к Крайнему Северу) действуют на жителей поселка и города одинаково. Надвоицы - это поселок городского типа, следовательно, уровень жизни, особенности питания и другие факторы, которые могут оказать влияние на изучаемые параметры, не отличаются.

На рентгенограммах методом морфометрии измерялась ширина, высота, площадь пазух. Ширина лобной пазухи измерялась по горизонтали как наибольшее расстояние от перегородки пазухи до латеральной ее стенки. Высота лобной пазухи определялась как наибольший перпендикуляр к ее ширине. Учитывая, что в большинстве случаев форма пазух неправильная, площадь высчитывалась следующим образом: контур пазухи переносился с рентгенограммы на кальку, а затем накладывался на миллиметровую бумагу и производился подсчет квадратных миллиметров.

Методику изучения пневматизации лобных пазух разработали А.В. Гайворонский с соавт. [9]. При выполнении снимков в носолобной проекции размеры лобных пазух в высоту и в поперечном направлении почти соответствуют действительной их величине, так как они незначительно отстоят от кассеты. Для соотношения размеров пазух, полученных рентгенологически, учитывается коэффициент линейного искажения.

Для статистической обработки полученных цифровых значений применялась программа Statistica 10. Полученные количественные данные проверялись на нормальность распределения путем определения стандартизированной асимметрии (Stand. skewness) и стандартизированного эксцесса (Stand. kurtosis). При получении показателей в пределах от -2 до $+2$ распределение считалось нормальным и обрабатывалось с помощью параметрического критерия Стьюдента, если же один из показателей в модуле превышал 2, то распределение вариантов считалось асимметричным и обрабатывалось с помощью непараметрических критериев, использовался тест Краскела–Уоллиса (Kruskal-Wallis Test.) Для определения статистически значимого различия между группами проводился дисперсионный анализ (ANOVA). При оценке нулевой гипотезы различия считались достоверными при критерии значимости $p \leq 0,05$. Все значения представлены в виде средней \pm стандартное отклонение ($M \pm \delta$) при нормальном распределении.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты

Математические результаты работы, демонстрирующие возрастную динамику размеров лобной пазухи у жителей Петрозаводска и Надвоиц, представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Возрастные изменения пневматизации лобных пазух у жителей Надвоиц, $s \pm s$, мм

Возраст, лет	Ширина левая	Высота левая	Площадь левая	Ширина правая	Высота правая	Площадь правая
4-7, n = 29	13,80 \pm 3,61	8,40 \pm 2,44	110,40 \pm 7,55	12,70 \pm 3,67	15,40 \pm 3,44	108,40 \pm 6,55
8-12,	16,10 \pm 4,52	18,10 \pm 5,33	203,50 \pm 8,97	17,10 \pm 5,52	14,10 \pm 4,33	206,50 \pm 8,97

n = 26						
13-16, n = 42	22,20±5,35	19,90±8,52	350,80±14,72*	24,20±5,35	23,90±5,52	346,80±11,52*
17-25, n = 43	28,10±5,48	28,60±4,41	464,10±15,76*	27,90±6,48	28,30±0,41	486,40±11,75*
26-35, n = 39	26,40±6,03	28,60±7,02	554,10±18,30	27,60±6,57	29,50±9,11	534,40±19,90
36-45, n = 34	26,40±5,91	29,70±7,34	587,30±12,34	26,90±6,34	29,10±8,23	526,40±16,20*
46-55, n = 24	22,50±6,44	21,90±9,20	519,70±15,61*	23,40±6,05	21,80±10,40	510,70±13,60*
56-65, n = 24	21,90±6,55	22,40±9,86	517,10±16,31*	23,80±5,91	22,90±8,30	531,40±12,20*
66-75, n = 30	22,90±6,21	22,30±9,20	510,70±13,45*	22,20±5,35	21,60±8,30	522,70±11,30*
76-85, n = 26	21,60±5,99	21,00±9,45	484,70±12,60*	22,80±5,66	21,90±9,32	501,20±11,40

* - различия статистически достоверны, $p < 0,05$.

Таблица 2

Возрастные изменения пневматизации лобных пазух у жителей Петрозаводска, $s \pm s$, мм

Возраст, лет	Ширина левая	Высота левая	Площадь левая	Ширина правая	Высота правая	Площадь правая
4-7, n = 36	14,80±5,83	7,10±3,51	106,50±5,10	14,20±6,03	7,60±3,86	100,20±6,20
8-12, n = 32	21,50±6,36	14,60±6,81	219,40±10,10	21,80±6,94	14,50±6,54	222,40±9,30
13-16, n = 34	22,70±5,53	16,40±6,56	412,50±19,81*	23,50±6,04	16,80±6,14	414,60±16,60*
17-25, n = 28	26,40±5,21	27,80±8,33	551,80±21,32*	26,90±6,12	27,50±6,31	554,10±20,40*
26-35, n = 36	29,60±5,32	31,10±8,42	584,20±19,81	28,90±5,91	29,10±6,40	586,30±20,10
36-45, n = 36	28,70±6,54	30,80±9,61	591,80±20,62	28,40±6,12	30,60±8,65	598,80±18,30*

n = 36						
46-55, n = 18	28,50±6,77	29,10±6,43	572,60±19,80*	28,60±6,24	29,40±6,85	576,10±18,40*
56-65, n = 43	29,10±6,71	28,20±6,34	589,30±22,10*	28,40±5,10	29,90±5,30	571,30±15,20*
66-75, n = 48	28,10±5,32	26,24±5,70	576,40±26,70*	27,50±4,20	26,21±4,70	567,40±17,60*
76-85, n = 20	22,60±6,03	21,90±7,20	525,24±13,30*	23,20±5,35	22,60±9,30	503,70±14,20

* - различия статистически достоверны, $p < 0,05$.

В результате проведенного исследования были выделены следующие варианты развития лобной пазухи: отсутствие пазухи с обеих сторон (2,4% случаев), отсутствие одной из лобных пазух (3,9% наблюдений). В большинстве случаев не наблюдалась лобная пазуха справа. Было выявлено следующее распределение по типам пневматизации: центральный тип - 63,2%, поперечный тип - 11,5%, чешуйчатый тип - 10,4%, смешанный тип - 14,9% наблюдений. Полученные данные обозначают и подтверждают индивидуальные особенности при развитии лобной пазухи. Однако для жителей города Петрозаводска и поселка Надвоицы при проведении сравнительного анализа процесса пневматизации были выявлены некоторые различия. В возрастной группе от 4 до 12 лет размеры лобных пазух сопоставимы. Однако в группе, возраст которой варьировал между 13 и 16 годами, у жителей города Петрозаводска площадь пазух преобладает. Различия статистически достоверны. По большей части прослеживается отставание роста пазух у проживающих в поселке Надвоицы по сравнению с проживающими в городе Петрозаводске. Своих максимальных размеров исследуемые пазухи у проживающих в городе Петрозаводске достигают к 17-25 годам, а у жителей поселка Надвоицы к 26-35 годам. Максимальные размеры лобных пазух сохраняются у петрозаводчан до возрастной группы 75 лет, и только после этого возраста наблюдается уменьшение размеров пазух. У проживающих в поселке Надвоицы уже в возрасте 46-55 лет можно заметить снижение пневматизации лобных костей, эта тенденция прослеживается во всех последующих возрастных группах.

Анализ цифрового материала показывает более медленный рост лобных синусов у проживающих в поселке Надвоицы по сравнению с петрозаводчанами. Полная пневматизация заканчивается позже на 4-6 лет, причем конечные размеры остаются существенно меньше по сравнению с жителями Петрозаводска. В зрелом возрасте процессы инволюции пазух начинаются раньше у жителей Надвоиц, и они более выражены. Также

стоит отметить, что форма пазух у жителей поселка Надвоицы более «неправильная» по сравнению с жителями Петрозаводска. Поэтому при сопоставимых наибольших горизонтальных и вертикальных размерах (в исследовании - ширина и высота) площадь оказывается статистически значимо отличной.

Обсуждение

На рост, а также на развитие придаточных пазух носа влияют многие средовые факторы, однако в литературе нет данных, согласно которым однократно перенесенный острый неосложненный воспалительный процесс в околоносовых пазухах может приводить к изменению их морфологии. Это позволило нам исключить воспалительный фактор из причин нарушения пневматизации и рассматривать полученные результаты в контексте влияния фтористых соединений.

Полученные результаты не противоречат литературным данным [1-3]. Элемент фтор характеризуется достаточно высокой селективностью к костной ткани, где откладывается почти 100% всего имеющегося в организме фтора. Известно, что его соединения участвуют на ранних стадиях минерализации в твердых тканях. Также фтор важен в предотвращении деминерализации костей и зубов. Больше всего фтора в человеческом организме находится в цементе зубов, затем идут кости, дентин и эмаль зубов [10].

В случае избыточного поступления фтора в организм на протяжении длительного времени, в скелете человека и животных формируются четыре различных заболевания костей, которые могут встретиться изолированно или в сочетании [4]: остеосклероз, остеомалация, вторичный гиперпаратиреоз и остеопороз. Эти часто противоположные данные – с одной стороны, тяжелый склероз и, с другой, разряжение кости с потерей кальция – делают понятной путаницу в представлениях о влиянии фторидов на твердые ткани. К. Рохольм выдвинул теорию о дозах, согласно которой имеет значение, в каких дозах наблюдается избыточное поступление фторидов в организм. Он доказал, что небольшое превышение поступления фтора у подопытных животных и у людей вызывает преимущественно склеротические процессы в костях, а большие дозы, наоборот, вызывают разряжение и деминерализацию костной ткани, особенно у растущих животных. В нашем исследовании мы наблюдали косвенные признаки остеосклероза, который проявлялся уменьшением пневматизации лобных пазух, поэтому можно предположить, что в поселке Надвоицы имеет место длительное воздействие малых доз фторидов на организм человека.

По данным [10], при суточном потреблении 8 мг фтора распространенность остеосклероза на рентгенограммах составляет 10%, однако даже при отсутствии симптомов флюороза можно наблюдать увеличение костной массы. По нашим данным, можно предположить, что в результате воздействия фтора на кости черепа увеличивается их

плотность, что замедляет рост лобных пазух у детей. В зрелом возрасте в силу прогрессирующих процессов остеосклероза, даже рентгенологически не явного, размеры пазух начинают уменьшаться.

Выводы

1. Фтористые соединения оказывают неблагоприятное воздействие на пневматизацию лобных пазух.

2. У детей в результате воздействия соединений фтора наблюдается отставание роста лобных пазух, их пневматизация заканчивается позже, а размеры пазух так и не достигают размеров контрольной группы.

3. В зрелом и пожилом возрасте воздействие фтора приводит к развитию раннего остеосклероза воздухоносных костей черепа, что в свою очередь приводит к уменьшению пневматизации по сравнению с контрольной группой.

Список литературы

1. Акимова Д.В. Факторы риска развития остеопороза // Фарматека. 2014. № 7 (280). С. 19-24.
2. Донских И.В. Влияние фтора и его соединений на здоровье населения (обзор данных литературы) // Бюллетень восточносибирского научного центра сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2013. № 3-2 (91) С. 179-185.
3. Шалина Т.И., Николаева Л.А., Савченков М.Ф., Быков Ю.Н., Мануева Р.С. Загрязнение окружающей среды фтористыми соединениями и их влияние на здоровье детей // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 12. С. 1133-1137.
4. Ядыкина Т.К., Михайлова Н.Н., Бугаева М.С., Горохова Л.Г., Король Л.Н. Экспериментальное исследование метаболизма костной ткани и механизмов регуляции минерального гомеостаза в динамике развития токсической фтористой остеопатии // Медицина в Кузбассе. 2018. Т. 17. № 1. С. 17-24.
5. Демиченко Г.А., Жбанчиков Д.О. Влияние водорастворимого фтора на загрязнение почв в зоне промышленных выбросов Аллюминиевого завода // Вестник Крас ГАУ. 2014. № 5. С. 116-120.
6. Фрид А.С., Борисочкина Т.И. Фтор: миграционная подвижность в почвах при техногенных загрязнениях // Агрехимия. 2019. № 3. С. 65-71.
7. Сергеев С.Е., Григорькина Е.С. Возрастные особенности пневматизации лицевых костей по данным рентгенографии // Фундаментальные исследования. 2013. № 2-1. С. 162-166.

8. Мареев О.В., Алешкина О.Ю., Мареев Г.О., Кучмин В.Н., Афонина О.И., Капустина Н.Ю. Изменчивость линейных параметров лобной пазухи у взрослых людей // Саратовский научно-медицинский журнал. 2018. Т. 14. № 2. С. 302-305.
9. Гайворонский А.В., Забурчик Е.П. Методика оценки степени пневматизации лобных пазух // Сб. изобретений и рац. предложений ВМедА. СПб., 2001. № 32. С. 58-59.
10. Калько О.А., Кузнецова Ю.С. Фтор: нормы безопасного потребления и источники поступления в организм человека // Теоретические и прикладные аспекты развития современной науки и образования: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (Чебоксары, 21 февраля 2019 г.). Чебоксары: Негосударственное образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования "Экспертно-методический центр", 2019. С. 11-15.