4. Общий иммуноглобулин Е как предиктор наличия зооантропоноза у условно здоровых лиц: обсервационное исследование / Е. В. Замятина, А. И. Шевела, И. А. Мандель [и др.] // Инфекция и иммунитет. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 321-328.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КОСТНОЙ ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА, КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА В НОРМЕ И ПРИ АСЕПТИЧЕСКОМ НЕКРОЗЕ

Ануфрик С. С.[1], Жарнова О. А.[1], Быковский Э. А.[2], Крупская Т. К.[1], Жарнова В. В.[1]

[1]Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
[2]Гродненский государственный медицинский университет
Гродно, Беларусь

Введение. Физиология костной ткани включает постоянное обновление, поддержку формы тела, защиту органов и обмен минералов. Установлено, что при асептическом некрозе страдает костная ткань [1, с. 638]. Физиологическая роль костной ткани многогранна и включает в себя следующие аспекты: **биомеханическая функция**, г**омеостатическая функция**, г**емопоэтическая функция**, э**ндокринная функция**.

Асептический некроз тазобедренного сустава классифицируется как распространенная патология в современной клинической практике. Профилактика данного заболевания является приоритетной задачей, учитывая риск деструкции костной ткани, утраты функциональности сустава и последующей инвалидизации пациента. Патогенез заболевания включает нарушение процессов минерализации (дефицит кальция и фосфора), что влечет за собой снижение плотности костной структуры, ее хрупкость и необратимую деформацию.

Цель. Исследование посвящено выявлению различий содержания микро- и макроэлементов в костной ткани, как физиологической системе, пораженной асептическим некрозом и при нормальном состоянии без дистрофических изменений.

Методы исследования. В ходе исследования была изучена костная ткань тазобедренного сустава. Ткань изъята у 12 пациентов (разного пола и возраста) с диагнозом «асептический некроз головки бедренной кости» в ходе операций по тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава в УЗ «ГКБСМП» г. Гродно. По этическим причинам данные о содержании макроэлементов и микроэлементов костной ткани в «норме» были взяты из литературных источников [2].

Репозиторий ГрГМУ

Подготовка материала включала фиксацию и консервирование статических тканей в смеси растворов альдегидов: 0,2% раствор формальдегида и 0,05% глутарового альдегида с добавлением глицерина (1:4). Данный раствор помещался в герметичный стеклянный сосуд с последующим хранением аллоимплантата в холодильнике при температуре +4°С. Срок хранения был ограничен 6-12 месяцами с последующим разделением на фрагменты. Элементный анализ проводился на базе лабораторий УО «Гродненский государственный университет имени Я. Купалы» с применением рентгенофлуоресцентного спектрометра ElvaX. Метод рентгенофлуоресцентного анализа, традиционно применяемый в фундаментальной травматологии и судебной медицине, позволяет оценивать минеральную плотность кости, выявлять биохимические сдвиги и определять концентрацию макроэлементов и микроэлементов, что дополняет клиническую диагностику.

Результаты и их обсуждение. Патология минерализации костной ткани представляют собой расстройства метаболизма кальция и фосфора, провоцирующие снижение плотности скелета, его деформацию и повышенную ломкость. К ключевым нозологическим формам данных нарушений относятся остеомаляция, характеризующаяся дефектом минерализации органического матрикса, и остеопороз, сопровождающийся системным снижением костной массы. В ходе проведенного исследования было установлено, что асептический некроз сопровождается патологией минерализации костной ткани и изменением содержания Ca кальция, P фосфора, Sr стронция, Si кремния, Fe железа и Zn цинка. Костная ткань работает как стратегический резерв организма: здесь сосредоточено почти все количество кальция и фосфора. Благодаря такому запасу уровень этих минералов в крови всегда остается в норме [3; 4, с. 185].

Установлено, что содержание общего кальция Ca и фосфора P в костных тканях бедренных головок женщин и мужчин падает при таком заболевании как асептический некроз по сравнению с «нормальной». Широкий диапазон варьирования Ca/P-коэффициента, как числовое соотношение концентраций Ca кальция и P фосфора, которое определяет качество минерализации костей, прочность зубной эмали и правильность обмена веществ в исследуемых образцах, объясняется различиями в минеральном составе костной ткани. Снижение этого показателя, по всей видимости, детерминировано особенностями строения губчатой кости, характеризующейся пониженной плотностью минерализации. В таблице 1 приведены сравнительные показатели кальций-фосфорного коэффициента в костной ткани при наличии и без асептического некроза, дифференцированные по половозрастным группам.

Репозиторий ГрГМУ

Таблица 1 – Числовое соотношение Ca кальция и P фосфора для нормальной группы и при асептическом некрозе

Показатель	**Мужчины 30-50 лет**	**Мужчины 50-70 лет**	**Женщины 30-50 лет**	**Женщины 50-70 лет**
Ca/P-коэффициентов в норме	0,89±0,04	0,89±0,04	0,89±0,04	0,89±0,04
Ca/P-коэффициент при асептическом некрозе	1,61±0,01	1,72±0,01	1,80±0,01	1,79±0,01

Двукратное снижение концентрации фосфора относительно кальция приводит к росту атомного соотношения Ca/P. Данная динамика, вероятнее всего, объясняется процессами изоморфного замещения: ионы кальция в кристаллической решетке вытесняются катионами металлов, а фосфатные тетраэдры – карбонат-ионами и другими анионами. Выявлена взаимосвязь концентрационных рядов микроэлементов Zn цинка, Sr стронция, Fe железа и Si кремния пораженной костной ткани и в норме. Данные элементы являются важными и имеют множество функций. **Цинк:** активирует остеобласты (клетки, формирующие кость) и необходим для выработки коллагена – основы костной ткани. Играет ключевую роль в росте скелета и его минерализации в период взросления. **Стронций:** благодаря структурному сходству с Ca, легко интегрируется в костную ткань. Он работает в двух направлениях: ускоряет синтез новой кости и замедляет процессы ее разрушения, что значительно повышает плотность и прочность скелета. **Железо:** обеспечивает полноценное питание и кислородный обмен в костном мозге. Кроме того, оно участвует в ферментативных процессах, необходимых для формирования коллагена. Нехватка железа нарушает метаболизм во всем организме, негативно отражаясь на состоянии костей. **Кремний:** обеспечивает эластичность костей и прочность соединительных тканей. Способствует эффективному усвоению Ca и фосфора, а также стимулирует активность остеобластов, запуская процессы обновления костной ткани. Графическая зависимость представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Взаимосвязь концентрационных рядов микроэлементов Zn цинка, Sr стронция, Fe железа и Si кремния пораженной костной ткани и в норме

Репозиторий ГрГМУ

Из данных, представленных на рисунке 1, видно, что наличие патологических функциональных изменений костной ткани сопровождается нарушением в ней элементного баланса.

Выводы. В ходе исследования проведена оценка особенностей элементного состава костной ткани человека в «норме» по сравнению с костными заболеваниями на примере патологического течения костной минерализации, сопровождающейся асептическим некрозом. Был проведен сравнительный анализ элементного состава костной ткани в норме и при асептическом некрозе. Установлено, что патологический процесс сопровождается дефицитом Ca кальция, P фосфора и Sr стронция, а также накоплением Si кремния, Fe железа и Zn цинка в пораженных участках кости. Проведено сравнение коэффициента Ca/P, для пациентов страдающих асептическим некрозом и группы здоровых людей, как числовое соотношение содержания Ca кальция и P фосфора.

Полученные данные помогут лучше понять, как именно проходит процесс минерализации кости. В будущем это будет способствовать созданию новых способов лечения, раннего выявления и профилактики болезней суставов, которые помогут людям быстрее восстанавливаться после травм и заболеваний. Полученные результаты могут стать основой для разработки новых методов профилактики и ранней диагностики наличия структурных нарушений костной ткани, которые помогут эффективно восстанавливать кости и суставы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лечение асептического некроза головки бедренной кости: клинические рекомендации / А. Н. Торгашин, С. С. Родионова, А. А. Шумский [и др.] // Научно-практическая ревматология. – 2020. – Т. 58, № 6. – С. 637-645.

2. Герк, С. А. Элементный состав костной ткани человека в норме и при патологии / С. А. Герк, О. А. Голованова // Вестник Омского университета. – 2015. – № 4. – С. 39-44.

3. Гилинская, Л. Г. Типоморфизм парамагнитных радикалов CO_2^-, CO_3^- и CO_3^{3-} в природных карбонатапатитах / Л. Г. Гилинская, Ю. Н. Занин, В. П. Назьмов // Геология и геофизика. – 2002. – Т. 43, № 3. – С. 297-303.

4. Баринов, С. М. Биокерамика на основе фосфатов кальция / С. М. Баринов, В. С. Комлев. – М.: Наука, 2005. – 204 с.

Репозиторий ГрГМУ