

РОЛЬ ВОДИ В МІНЕРАЛЬНІЙ СТРУКТУРІ ГУБЧАСТОЇ КІСТКИ

^{1),2)} Гусак Є. В., ²⁾ Кузнецов В.М., ²⁾ Данільченко С.Н., ¹⁾ Гордієнко О. В., ¹⁾ Погорєлов М. В.

¹⁾ Сумський державний університет, кафедра анатомії людини;

²⁾ Інститут прикладної фізики НАН України

Кісткова тканина являє собою складний композитний матеріал, що складається з органічної та мінеральної фази, співвідношення яких впливають на структуру та функцію органу. У цій структурі міститься 70 % вільної води, 30 % знаходиться у зв'язаному стані з органічними і мінеральними складовими. Виконуючи транспортну функцію, вона забезпечує не тільки іонний обмін між кристалітами, а й певну кристалічну структуру біомінералу, створює його неапатитне оточення – гідратний шар. Кількісні зміни води в організмі можуть впливати на ступінь мінералізації кальцієвмісного матриксу. Моделювання нестачі води в організмі можуть бути використані для пояснення характеру взаємодії між водною та мінеральною складовими, і таким чином забезпечити правильне розуміння хімії поверхні, структури та ступеня стабільності біоапатиту.

Метою даного дослідження було вивчення структури мінералу, наявність, характер і рівень дефектів кристалічної будови губчастої речовини при експериментальному дефіциті води, котра складає до 20 % від сирової ваги кісткової тканини даного типу. Для пояснення процесів росту кісткової тканини, відновлення і біомінералізації кальційфосфатних трансплантатів та покриттів імплантатів важливо розуміти стабільність і морфологію росту кристалів гідроксиапатиту.

Дослідження проводилось на білих щурах репродуктивного віку, розподілених на 2 групи. Першу групу склали інтактні тварини. Тварини 2-ї групи протягом тижня були позбавлені води. У тварин видаляли тазову кістку, проводили механічну очистку від м'яких тканин, потім отриманий кістковий матеріал спалювали у муфельній печі при 200 і 900 °С. Отриману золу розтирали в ступці у порошок для рентгеноструктурних досліджень. Такі дослідження були проведені на автоматизованому дифрактометрі ДРОН-4-07 (НПП «Буревестник», м. Санкт-Петербург).

Фазовий аналіз зразків обох груп підданих температурній обробці при 200 °С показав наявність у них єдиної фази: $(\text{Ca}_{3.892} \text{Na}_{0.087} \text{Mg}_{0.021}) (\text{Ca}_{5.589} \text{Na}_{0.125} \text{Mg}_{0.028}) (\text{PO}_4)_{5.4}$, кальцій натрій магній фосфату з характерно невисокою для кісткового мінералу кристалічністю.

Збільшення дефектів і структурних недосконалостей в кістковому мінералі було виявлено у зразках патологічної групи. Це свідчить про важливу роль води в обмінних процесах кісткової тканини. Для підтвердження отриманих вище результатів був вивчений фазовий стан і розмір кристалітів апатиту відпаленого протягом 1 години при температурі 900 °С. Відпалення проводилося для вивчення структури вихідного апатиту, оскільки при такій температурі відбуваються процеси як рекристалізації, так і розпаду його структури, що може призвести до утворення інших кальційфосфатних фаз.

Поява в обох зразках ще однієї фази, трикальціймагнійфосфату (ТКМФ), свідчить про дефіцитність кальцію в апатиті вихідних зразків, тобто вказує на його нестехіометричність. Слід відмітити, що у зразках спостерігаються фази ТКМФ з різним співвідношенням кальцію і магнію. Збільшення концентрації ТКМФ у патологічному зразку (контрольний – 15 %, після зневоднення – 20 %) свідчить про більший дефіцит кальцію у зразках біоапатиту при дегідратації, а менший рівень заміщення кальцію магнієм в ТКМФ є ознакою меншої кількості магнію в структурі первісного апатиту порівняно з контрольними зразками. Зазвичай дефіцит кальцію у структурі апатиту пов'язується з ізовалентними (наприклад, $\text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Ca}^{2+}$) або гетеровалентними заміщеннями (наприклад, Na^+ або $\text{K}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+}$). У останньому випадку однозарядність натрію чи калію компенсується відповідним заміщенням у аніонній підрешітці $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{PO}_4^{3-}$, що супроводжується збільшенням мікронапружень і мікродеформацій. Отримані дані цілком узгоджуються з описаним вище фактом зростання мікродеформацій кристалічної решітки біоапатиту при дегідратації. Питання зміни розмірів кристалітів апатиту при зневодненні організму залишається відкритим і потребує подальших досліджень.