

Характеристика и сравнение биогенных гидроксиапатитов аналитическими методиками

Е.В. Иванникова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Эмаль наших зубов на 95–97 % [1] состоит из неорганических веществ, основным компонентом которых является гидроксиапатит, на 70–75 % — дентин, на 60–70 % — костная ткань [2]. Когда этих кристаллов недостаточно, развиваются такие процессы, как кариес, переломы, системные заболевания скелета и т. д.

Использовать гидроксиапатит в качестве остеопластического, реминерализующего и остеокондуктивного материала российские ученые догадались еще в 90-е годы [3–5]. Синтезированные гидроксиапатиты, помимо отторжения, проявляли низкую скорость биорезорбции и относительно слабую остеоиндукцию. В то время как биогенный гидроксиапатит является полным аналогом минеральной матрицы костной ткани человека [6].

Цель — характеристика биогенных гидроксиапатитов губчатого и компактного вещества костной ткани человека и млекопитающих по показателям «Подлинность», «Морфология кристалличности» и «Оптическая активность».

Методы. С помощью аналитических методик мы провели сравнительный анализ биогенных гидроксиапатитов губчатого и компактного вещества костной ткани человека и млекопитающих (*Bos taurus* L., *Sus scrofa domestica* L., *Capra hircus* L. и *Dryctolagus cuniculus domestica* L.). Аналитические методы (метод нарушенного полного внутреннего отражения, счетно-фотометрический метод, определение осмоляльности и поляриметрия) представлены в Государственной фармакопее XV версии [7]: ОФС.1.2.1.1.0002.15 «Спектрометрия в инфракрасной области», ОФС.1.4.2.0006.15 «Невидимые механические включения в лекарственных формах для парентерального применения», ОФС.1.2.1.0003.15 «Осмолярность» и ОФС.1.2.1.0018.15 «Поляриметрия».

Результаты. Методом нарушенного полного внутреннего отражения было показано, что биокомпозитный материал представляет собой однофазовый гидроксиапатит.

Кристаллическое фазовое состояние гидроксиапатита в 2 раза превышает аморфное состояние губчатого вещества по отношению к компактному у человека и козы, компактного вещества по отношению к губчатому у коровы, свиньи и кролика. Высокоориентированные структуры имеют образцы гидроксиапатита губчатого вещества человека и компактного вещества кролика.

В образцах гидроксиапатита костной ткани человека и свиньи более 90 % составляют частицы размером 5–10 мкм, более 60–80 % — в образцах коровы, кролика и козы, остальные частицы размером 10–25 мкм составляют наименьшую группу, в образцах коровы, кролика и свиньи также отмечено около 1 % частицы размером 25–50 мкм. По сравнению с человеческим гидроксиапатитом образцы млекопитающих богаты частицами размером 5–10 мкм и в среднем превышают показатель в 10 раз, а фракция 10–25 в среднем в 22 раза.

Оптическая активность гидроксиапатита губчатого вещества человека была почти в 3 раза больше, чем у компактного, у свиньи в 1,7 раза, а оптическая активность гидроксиапатита компактного вещества коровы в 1,5 раз больше губчатого, у образцов козы и кролика не обнаружено значимой разницы.

Выводы. У человека и млекопитающих, таких как корова, коза, свинья и кролик, можно предсказать более интенсивное образование кристаллов и содержание частиц определенного размера для губчатого или компактного вещества костных тканей. Это может помочь в будущем при выборе более подходящего материала для самых разных целей: компактное вещество подойдет больше для создания ортопедических материалов, а губчатое — для заживления костных ран или восстановления эмали зубов.

Ключевые слова: биогенный гидроксиапатит; ИК-спектрометрия; степень кристалличности; морфология частиц; оптическая активность.

Список литературы

1. Beniach E., Stifler C.A., Sun C.-T., et al. The hidden structure of human enamel // Nat Commun. 2019. Vol. 10. ID 4383. DOI: 10.1038/s41467-019-12185-7
2. urfu.ru [Электронный ресурс]. Improved mineralized material can restore tooth enamel [дата обращения: 25.04.2024]. Режим доступа: <https://urfu.ru/en/news/43627/>
3. Бейдик О.В. Биокomпозиционные покрытия для наружного чрескостного остеосинтеза // Гений ортопедии. 1998. С. 1–3.
4. Шумский В.И., Оноприенко Г.А. Актуальные вопросы внедрения результатов научно-исследовательских работ в практическое здравоохранение (некоторые пути решения) // Альманах клинической медицины. 1998. № 1. С. 9–15. EDN: HZDEYB
5. Карлов А.В., Верещагин В.И., Шахов В.П., и др. Остеоиндуктивные, остеокондуктивные и электрохимические свойства кальцийфосфатных покрытий на титановых имплантатах и влияние их на минеральный обмен при переломах трубчатых костей в эксперименте // Гений ортопедии. 1999. С. 1–7.
6. Шашкина Г.А., Сорец В.Ф. Гидроксиапатит биогенный — аналог минеральной части костной ткани // Медицина экстремальных ситуаций. 2017. Т. 59, № 1. С. 101–104. EDN: YHCZFL
7. minzdrav.gov.ru [Электронный ресурс]. Государственная фармакопея Российской Федерации XV издания [дата обращения: 25.04.2024]. Режим доступа: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/10/gosudarstvennaya-farmakopeya-rossiyskoy-federatsii-xv-izdaniya>

Сведения об авторе:

Екатерина Викторовна Иванникова — магистрант 2-го курса, группа 4202-060401D, биологический факультет; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: icanvikstan.2008@yandex.ru

Сведения о научных руководителях:

Михаил Юрьевич Власов — кандидат биологических наук; доцент кафедры биохимии, биотехнологии и биоинженерии; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: mvlasov1@rambler.ru

Александр Владимирович Петров — кандидат медицинских наук, заместитель генерального директора по разработке; ООО «Мабскейл», Тольятти, Россия. E-mail: a.petrov@mabscale.ru