

УДК 340.636.5

Химия современных биоматериалов

Соболева В.Ю., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Медико-технические информационные технологии»*

*Научный руководитель: Фадеев Г.Н., д.п.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
gerfad@bmstu.ru*

На сегодняшний день рынок биоматериалов переживает колоссальный подъем. В начале 1980-х годов только в США и Западной Европе имплантировали около 4-5 миллионов костных протезов. Теперь же можно заменить не только кости, но и суставы: бедренный, коленный, плечевой, локтевой и даже кисть. Кроме того, существуют различные винты, крепления, фиксаторы и удлинители костей. Основные потребители биоматериалов – люди старше 60 лет, страдающие хроническими заболеваниями костей и суставов или получившие серьезные травмы. Современная медицина в качестве заменителей костей использует металлы и их сплавы, а так же керамику, полимеры и различные композиты, сочетающие в себе все материалы, названные выше. В данной статье подробно рассмотрены все перечисленные классы материалов и химические критерии их совместимости.

Биоматериалами называют синтетические или природные материалы, которые либо используются для замены отдельных частей живых организмов, либо предназначены для функционирования в тесном контакте с тканями живых организмов с целью проведения обследования, лечения, улучшения или замены отдельных тканей, целых органов или каких-либо выполняемых ими функций. Данные материалы классифицируются следующим образом:

- ♦ биоинертные (нетоксичные, но биологически неактивные)
- ♦ биоактивные (нетоксичные, биологически активные, срастающиеся с костной тканью)
- ♦ биорезорбируемые (происходит замена материала тканью).

Материалы, не отторгаемые организмом человека, не должны вступать в нежелательные химические реакции с тканями и межтканевыми жидкостями, подвергаться коррозии и растворяться (либо должны растворяться с контролируемой скоростью),

должны обладать такими физическими и биологическими свойствами, как прочность, трещиностойкость, износостойкость, а так же не вызывать реакции со стороны иммунной системы и срастаться с тканью. Рассмотрим основные классы биоматериалов.

Металлы. Металлические протезы просты в изготовлении, прочны и химически инертны. Основным недостатком металлов является то, что они подвержены коррозии из-за которой снижается прочность металла, а так же организм отравляют перешедшие в раствор ионы металлов. Более того, все металлы – хорошие проводники электричества, и контакт двух металлических имплантатов будет образовывать гальваническую пару. Даже слабый электрический ток будет раздражать нервные окончания и вызывать сильную боль. Для биоимплантатов используют сплавы типа Co-Cr-Mo или Co-Cr-Ni. Прочны, относительно легки и устойчивы к коррозии сплавы титана Ti-Al-V. Особый интерес для имплантации представляют сплавы, способные «запоминать» форму. Так, сплав может быть деформирован при низкой температуре и будет возвращаться к своей первоначальной форме при нагревании до критической температуры. Самые важные сплавы с запоминанием формы, имеющие практическое значение в биомедицине, - это сплавы никеля с титаном (Ni-Ti), известные под названием нитинол.

Керамика. Керамические протезы прочны, не поддаются коррозии и не вступают в химические реакции. Керамика не истирается, что важно для искусственных суставов и сочленений. Однако есть и минусы: изделия легко ломаются и трудны в изготовлении. В соответствии с реакцией организма все виды биокерамики можно разделить на 4 основные группы. Первая – инертная биокерамика. Не вступает в химические взаимодействия с тканями живых организмов ни при каких условиях. Например, Al_2O_3 или ZrO_2 . Вторая – биокерамика с малой реакционной способностью. Так, стекло на основе $Na_2O-CaF_2-P_2O_5-SiO_2$ вступает в связь с белками, то есть происходит хемосорбция. Третья – со средней реакционной способностью. К примеру, стекло на основе $Na_2O-CaO-P_2O_5-SiO_2$ не только образует связи с белками, но и является источником ионов кальция, что стимулирует образование костной ткани. Четвертая группа – биокерамика, полностью усваиваемая живым организмом. Например, гидроксилapatит $(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2)$ и ортофосфат кальция $(Ca_3(PO_4)_2)$. Такая биокерамика очень реакционно-способна, и спустя несколько лет после имплантации место протеза занимает вновь образовавшаяся костная ткань.

Композитные материалы. Композитные биоматериалы наиболее близки к кости по основным механическим и химическим свойствам. Это становится возможным благодаря тому, что они состоят из двух или нескольких материалов, принадлежащих к разным группам, и объединяют их достоинства. Композитные материалы бывают: полимерно-

керамические и метало - керамические. В полимерно-керамических материалах неорганическая фаза (стекло или фосфаты кальция) равномерно распределена в матрице органического вещества (например, в полиэтилене высокого давления или в эпоксидной смоле). Подобные биокомпозиты обладают высокой прочностью, упругостью, легкостью, биосовместимостью, а также анизотропными (зависимость физических свойств от направления) свойствами, близкими к кости. Метало - керамические материалы в основном состоят из металла, который обеспечивает высокую механическую прочность. Основой протеза могут быть титан и его сплавы, никель, хром, благородные металлы. Керамику (фосфаты кальция или биоактивные стекла) наносят на поверхность металла и именно она отвечает за биосовместимость имплантата.

Полимеры. Биосовместимые полимеры, то есть полимеры, имплантируемые в организм без токсической реакции, подразделяются на биоинертные и рассасывающиеся. Биоинертные полимеры, такие как полиэтилен и полиметилметакрилат, используются при замене суставов и предназначены для того, чтобы оставаться на своем месте без изменений в течение многих лет. Сложные полиэфиры, в частности такие, как полигликолевые и полимолочные кислоты, используются в качестве рассасывающихся полимеров в таких случаях, как растворяющиеся швы.

Большое влияние на биосовместимость материалов оказывают их химические характеристики. Например, очень важная информация о потенциальной **биосовместимости металлов** может быть получена из анализа растворимости их нейтрального гидроксида и определения размеров области pH, в которой преобладает этот нейтральный гидроксид. Как правило, нейтральные гидроксиды металлов, используемых в качестве имплантатов, имеют сравнительно низкую растворимость. Однако при физиологическом pH=7,4 гидроксиды большинства металлов заряжены или положительно, например $Me(OH)_2^+$, или отрицательно, например $Me(OH)_6^-$, что может вызвать негативные тканевые реакции и повышение растворимости.

Низкая растворимость основных продуктов гидролиза металла при pH =7,4 хорошо взаимосвязана с их биосовместимостью. С этих позиций наиболее оптимальными металлами являются Cr, Au, Al, Fe(III), Ti, Ta, Nb, Zr и Pt. Если рассматривать вопрос биосовместимости материала с позиции электрического заряда, то заряженные отрицательно Au, Pt, Al, Fe(III), Ti, Ta и Nb лучше подходят для изготовления имплантатов.

В разнообразии заменителей костей и суставов вариант, удовлетворяющий всем требуемым параметрам, еще не найден. Хотя достигнутые результаты и впечатляют, все

существующие имплантаты имеют недостатки, что побуждает ученых анализировать существующие варианты, их химические и физические свойства, и продолжать поиски.

Список литературы

1. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. М.: Наука, 2005. 237 с.
2. Путляев В.И., Сафронова Т.В. Новое поколение кальций-фосфатных биоматериалов: роль фазового и химического составов // Стекло и керамика. 2006. № 3. С. 30-33.
3. Химические и электрохимические аспекты биосовместимости металлов и их сплавов // Режим доступа: <http://medbe.ru/materials/biomekhanika-i-biosovmestimost/khimicheskie-i-elektrokhimicheskie-aspekty-biosovmestimosti-metallov-i-ikh-splavov/> (дата обращения 07.04.2014).
4. Электрохимические аспекты биосовместимости металлов // Режим доступа: <http://medbe.ru/materials/biomekhanika-i-biosovmestimost/elektrokhimicheskie-aspekty-biosovmestimosti-metallov> (дата обращения 07.04.2014).