

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИМПЛАНТОВ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА

А. А. Кашперов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ж. В. Кадолич

Опорно-двигательный аппарат человека – сложная биофизическая система, достигшая в процессе эволюционного развития оптимальной структурной организации. С технической точки зрения сустав – это биологический узел трения, в котором реализуются движения, разные по объему, характеру и степеням свободы. Многообразие форм суставов человека практически не позволяет представить их функциональные особенности с помощью единой унифицированной модели [1].

История эндопротезирования суставов началась в 1890 г., однако этот опыт эндопротезирования представляет интерес только в историческом плане. Лишь в 30-е гг. XX в. в области эндопротезирования крупных суставов были предприняты серьезные шаги. К настоящему времени разработаны и апробированы различные варианты конструкций эндопротезов суставов, отличающиеся по критериям дизайна, трибологическим аспектам, способам крепления и т. д. [2].

Тазобедренный сустав – классический пример сочленения костей, допускающего три степени свободы, и все современные конструкции эндопротезов тазобедренного сустава примерно повторяют его природную геометрию [1]–[3]. Самая распространенная на сегодняшний день конструкция тотального эндопротеза тазобедренного сустава (рис. 1) является разъемной и включает два основных компонента: тазовый и бедренный. Тазовый (или ацетабулярный) компонент состоит из закрепляемой в вертлужной впадине металлической детали (чашки), которая несет вкладыш с вогнутой сферической поверхностью. Бедренный (феморальный) компонент выполнен в виде закрепляемого в мозговом канале берцовой кости фасонного стержня – ножки, снабженной шейкой, на которую надета шаровая головка, образующая пару трения со вкладышем [1].

Цель данной работы – проанализировать номенклатуру материалов, применяемых в паре трения тотального эндопротеза тазобедренного сустава.

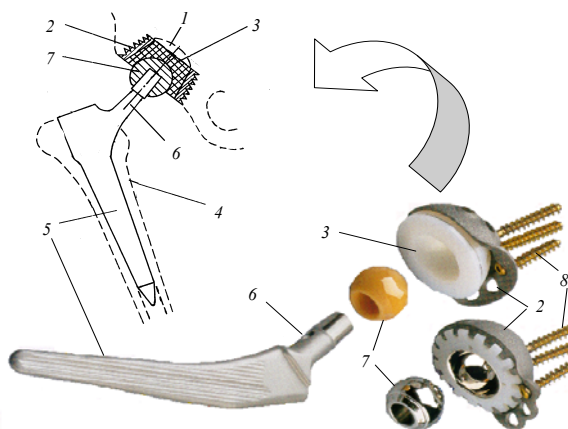


Рис. 1. Типичная конструкция тотального эндопротеза тазобедренного сустава:
1 – вертлужная впадина; 2 – металлическая чашка; 3 – вкладыш;
4 – берцовая кость; 5 – ножка эндопротеза; 6 – шейка ножки;
7 – металлическая (или керамическая) головка; 8 – элементы крепления

Совокупность материалов, из которых изготавливают подобные эндопротезы (рис. 1), составляют технические материалы, к которым предъявляются следующие требования:

- биологическая совместимость с живым организмом;
- коррозионная стойкость в физиологических жидкостях;
- достаточная прочность и износостойкость;
- стойкость при стерилизации, облучении (СВЧ, рентгеновское, гамма-облучение);
- стабильность свойств при длительном функционировании в организме;
- технологичность при переработке;
- приемлемая для потребителя стоимость.

Практически все конструкционные полимерные материалы (полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА), политетрафторэтилен (ПТФЭ), полиоксиметилен (ПОМ), полиэтилентерефталат (ПЭТФ), сложные полиэфиры и др.) были применены для изготовления полимерного компонента тотального эндопротеза тазобедренного сустава [4], [5]. Сочетание материалов в парах трения современных эндопротезов основывается на многолетнем опыте эндопротезирования, который до сих пор, к сожалению, достаточно противоречив. Критерием правильности выбора являются только результаты работы материалов *in vivo* в составе эндопротеза. В таблице обобщены результаты использования комбинаций материалов в парах трения эндопротезов тазобедренного сустава.

Комбинация материалов в парах трения тотальных эндопротезов тазобедренных суставов

Материал головки	Материал чашки					
	полимеры				металл	керамика
	ПТФЭ	СВМПЭ	ПОМ	ПЭТФ	CoCrMo	Al ₂ O ₃
FeCrNiMo	×	++	•	•	–	–
FeCrNiMoNbN	•	++	•	•	–	–
CoCrMo	•	++	×	×	++	–
TiAlV	•	×	–	–	–	–
Al ₂ O ₃	•	++	•	•	–	++
ZrO ₂	•	+	•	•	–	–

Примечание. ++ многолетнее клиническое использование; + клиническое апробирование; – непригодно по техническим причинам; × клинически непригодно; • не исследовалось.

Анализ данных таблицы свидетельствует о следующем. Единственным полимерным материалом, надежно зарекомендовавшим себя в парах трения тотальных эндопротезов суставов, является СВМПЭ. Попытки заменить СВМПЭ другими материалами не привели к успеху. В работах [1], [2], [5] обобщены данные, свидетельствующие о том, что продукты изнашивания полиамидов вызывают воспалительную реакцию мягких тканей и осложнения после эндопротезирования. Даже лучший из полимеров – антифрикционный ПТФЭ – не проявил достаточной надежности при длительной эксплуатации. В последние годы на основании многолетнего изучения отдаленных результатов имплантации тотальных эндопротезов тазобедренных суставов установлен следующий ряд пар трения по уменьшению скорости изнашивания: металл–СВМПЭ > керамика–СВМПЭ > металл–металл > керамика–керамика.

Следует также отметить, что пара трения СВМПЭ – сплав CoCrMo до сих пор используется в большинстве конструкций тотальных эндопротезов суставов из-за минимальной цены, низкого коэффициента трения, технологичности при изготовлении, несложности монтажа и хорошей прирабатываемости [2]. Выбор СВМПЭ обусловлен его высокой прочностью ($\sigma_p = 45$ МПа) и биосовместимостью [6]. Он легко поддается модифицированию, ему можно придавать заданные структуру и свойства в процессе технологической обработки [5]. Кроме того, использование легко деформируемого СВМПЭ обеспечивает «комфортность» ходьбы, так как компенсирует толчковые нагрузки на вертлужную впадину [1], [2]. На международном рынке СВМПЭ представлен базовыми марками и различными композициями – Hostalen Gur 4120, Chirulen DIN 58836C и т. д. Указанные марки СВМПЭ традиционно используются для изготовления полимерных деталей ведущими производителями эндопротезов суставов [7].

Таким образом, обобщая приведенные выше данные, можно сделать вывод о том, что из номенклатуры полимеров для применения в медицине каждый материал обладает определенными достоинствами, однако по комплексу характеристик именно СВМПЭ является наиболее перспективным для формирования на его основе композиций и изделий для эндопротезирования суставов.

Литература

1. Николаев, В. И. Асептическая нестабильность ацетабулярного компонента эндопротезов: биофизические аспекты, диагностика, лечение и профилактика (клиническое и экспериментальное исследование) : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / В. И. Николаев. – Минск, 2000. – 93 с.
2. Пинчук, Л. С. Эндопротезирование суставов: медицинские и технические аспекты / Л. С. Пинчук, В. И. Николаев, Е. А. Цветкова. – Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2003. – 308 с.
3. Купчинов, Б. И. Биотрибология синовиальных суставов / Б. И. Купчинов, С. Ф. Ермаков, Е. Д. Белоенко. – Минск : Веды, 1997. – 272 с.
4. Мовшович, И. А. Полимеры в травматологии и ортопедии / И. А. Мовшович, В. Я. Виленский. – М. : Медицина, 1978. – 320 с.
5. Кадолич, Ж. В. Физическое модифицирование сопряжений полимер-металл для повышения их износостойкости на основе моделирования биофизических свойств естественных суставов : дис. ... канд. тех. наук : 01.04.07 / Ж. В. Кадолич. – Гомель, 2002. – 128 с.
6. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен / И. Н. Андреева [и др.]. – Ленинград : Химия, 1982. – 80 с.
7. Проспект фирмы Hoechst, 1993. – 8 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РОЛИКОВ ОБРАТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ «ОБРАТНЫЙ НАМОТ» НА ДУГУ ПРОГИБА МЕТАЛЛОКОРДА В ПРОЦЕССЕ РЕЛАКСАЦИИ

О. Ю. Ходосовская

*ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин,
Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Метизное производство находится в постоянном поиске способов совершенствования способов свивки на металлокорда на катаных машинах. Одним из важнейших требований, предъявляемых к канатным машинам, является обеспечение таких технологических характеристик металлокорда, как заданное значение остаточного кручения, нераскоручиваемость и прямолинейность. Механические и технологиче-