

## Остеоинтеграционные протезы: современные подходы

А. Кара

Стамбульский университет Медипол, Стамбул, Турция

**Введение.** Ампутация конечности является серьезной медико-социальной проблемой, возникающей вследствие травматических повреждений, онкологических процессов, инфекционных заболеваний или сосудистых патологий. В течение длительного времени стандартом реабилитации пациентов после ампутации оставались протезы с культиприемной гильзой. Однако их применение нередко сопряжено с рядом ограничений, включая снижение биомеханической эффективности, ограничение движений, дискомфорт и дерматологические осложнения.

Концепция остеоинтеграции впервые предложена в 1950-х гг. шведским исследователем П.-И. Бранемарком (*швед. P.-I. Bränemark*) в ходе изучения интеграции дентальных имплантатов с костной тканью [1]. Впоследствии этот принцип нашел широкое применение в ортопедической практике. Первые клинически успешные имплантации остеоинтеграционных протезов у пациентов с ампутацией выполнены в 1990-х гг., и с того времени методика претерпела значительные усовершенствования [2].

**Показания и противопоказания.** Основными показаниями к применению остеоинтеграционных протезов являются:

- 1) невозможность использования традиционного протеза с культиприемной гильзой из-за дискомфорта или хронических осложнений;
- 2) высокая потребность пациента в активной двигательной функции;
- 3) достаточный объем костной ткани для стабильной фиксации имплантата.

Противопоказания включают в себя:

- 1) выраженный остеопороз;
- 2) активный инфекционный процесс в зоне имплантации;
- 3) недостаточность мягкотканевого покрытия;
- 4) выраженный неврологический дефицит.

Кроме того, одним из ключевых факторов успешного лечения является приверженность пациента к длительной реабилитационной программе и диспансерному наблюдению [3].

**Хирургические методы.** В клинической практике применяются два основных метода хирургического вмешательства:

- 1) одноэтапная методика (*англ. Single-Stage Approach*) предполагает одномоментную установку имплантата и абатмента в ходе одной операции;
- 2) двухэтапная методика (*англ. Two-Stage Approach*) предусматривает поэтапную фиксацию: на первом этапе выполняется имплантация, затем, после завершения процесса остеointеграции, осуществляется установка абатмента [3].

Обе методики предполагают использование титановых имплантатов, обладающих высокой биосовместимостью и способствующих формированию надежной связи с костной тканью. Послеоперационный период включает в себя обязательную программу ранней мобилизации и физиотерапии, что является критически важным фактором успешного функционального восстановления [4].

**Клинические результаты и осложнения.** Результаты клинических исследований демонстрируют значительные преимущества остеоинтеграционных протезов перед традиционными культиприемными системами, включая:

- 1) улучшение параметров биомеханики ходьбы;
- 2) снижение энергозатрат при передвижении;
- 3) увеличение продолжительности использования протеза [5].

Дополнительно следует отметить уменьшение частоты осложнений, характерных для культиприемных протезов, таких как хронические дерматологические проблемы и болевой синдром. Однако остеоинтеграционные технологии не лишены потенциальных рисков, среди которых:

- 1) инфекционные осложнения в зоне имплантации;
- 2) механическая нестабильность имплантата;
- 3) перипротезные переломы;
- 4) дегенеративные изменения мягких тканей [6].

Минимизация этих рисков достигается за счет строгого соблюдения хирургического протокола и тщательного отбора кандидатов.

**Преимущества остеоинтеграции перед традиционными протезами.** Остеоинтеграционные протезы демонстрируют значительные преи-

мущества, особенно у пациентов с короткой культеей, где применение культиприемных систем затруднено.

Ключевые преимущества остеоинтеграции включают в себя:

- 1) повышение уровня проприоцепции за счет передачи механических нагрузок через костные mechanoreцепторы;
- 2) возможность дифференциации типов поверхности при ходьбе, что повышает адаптивные способности пациента;
- 3) улучшение контроля равновесия, снижение риска падений и повышение функциональной независимости.

**Перспективы развития.** Остеоинтеграционные протезы представляют собой активно развивающееся направление ортопедической хирургии, требующее мультидисциплинарного подхода, включающего в себя участие специалистов в области ортопедии, реабилитологии, инфекционных заболеваний, анестезиологии, физиотерапии и биоинженерии.

Перспективными направлениями совершенствования технологии являются:

- 1) разработка инновационных биоматериалов с улучшенными остеоинтегративными свойствами;
- 2) внедрение 3D-печати для создания индивидуализированных имплантатов;
- 3) применение роботизированных хирургических систем для повышения точности операций.

Дополнительные клинические исследования позволят детальнее изучить долгосрочные исходы остеоинтеграционных протезов, что в перспективе может способствовать расширению их применения.

**Заключение.** Остеоинтеграционные протезы представляют собой значительный шаг вперед в реабилитации пациентов с ампутациями конечностей, обеспечивая улучшенные функциональные результаты и повышение качества жизни. Однако успешность такой методики зависит от строгого отбора пациентов, соблюдения хирургического протокола и проведения комплексной реабилитации.

Будущие исследования и технологические инновации позволят повысить эффективность остеоинтеграционных технологий и расширить их применение в клинической практике.

#### **Список источников**

1. Osseointegration in Skeletal Reconstruction and Rehabilitation: A Review / R. Bråne-mark, P. I. Bränemark, B. Rydevik, R. R. Myers // Journal of Rehabilitation Research and Development. 2001. Vol. 38, Iss. 2. P. 175–181. PMID: <https://pubmed.gov/11392650>.

2. Li Y., Bränemark R. Osseointegrated Prostheses for Rehabilitation Following Amputation: The Pioneering Swedish Model // *Der Unfallchirurg*. 2017. Vol. 120, Iss. 4. P. 285–292. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00113-017-0331-4>.
3. Osseointegration for Amputees: Current Implants, Techniques, and Future Directions / J. S. Hoellwarth, K. Tetsworth, S. R. Rozbruch [et al.] // *JBJS Reviews*. 2020. Vol. 8, Iss. 3. Art. No. e0043. DOI: <https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.19.00043>.
4. Team Approach: Osseointegration Amputation Surgery / A. B. Anderson, J. M. Souza, L. Prasso [et al.] // *JBJS Reviews*. 2024. Vol. 12, Iss. 7. Art. No. e24.00048. DOI: <https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.24.00048>.
5. Comparison of Prosthetic Mobility and Balance in Transfemoral Amputees with Bone-Anchored Prosthesis vs. Socket Prosthesis / R. S. Gailey, A. Kristal, M. Al Muderis [et al.] // *Prosthetics and Orthotics International*. 2023. Vol. 47, Iss. 2. P. 130–136. DOI: <https://doi.org/10.1097/pxr.0000000000000189>.
6. Hebert J. S., Rehani M., Stiegelmar R. Osseointegration for Lower-Limb Amputation: A Systematic Review of Clinical Outcomes // *JBJS Reviews*. 2017. Vol. 5, Iss. 10. Art. No. e10. DOI: <https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.17.00037>.
7. Early Experience with Femoral and Tibial Bone-Anchored Osseointegration Prostheses / T. J. Reif, N. Khabyeh-Hasbani, K. M. Jaime [et al.] // *JBJS Open Access*. 2021. Vol. 6, Iss. 3. Art. No. e21.00072. DOI: <https://doi.org/10.2106/jbjs.oa.21.00072>.