

Секция «Современные научные проблемы и перспективы развития биотехнологии и биологии»

Перспективы использования флуоресцентных методов при изучении регенерационных процессов центральной и периферической нервной системы

Ашурова Парвина Зарифжоновна

Студент (специалист)

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

E-mail: a.parvina@list.ru

Повреждения центральной (ЦНС) и периферической (ПНС) нервной системы остаются одной из серьёзных проблем современной медицины, что обуславливает актуальность разработки высокоточных методов визуализации регенерационных процессов [8]. Нервная ткань обладает определённым потенциалом к восстановлению, однако механизмы регенерации в ЦНС и ПНС принципиально различаются: если в ПНС ключевую роль играют шванновские клетки, формирующие направляющие каналы и секретирующие нейротрофические факторы, то в ЦНС восстановление ограничено глиальным рубцом, ингибиторами миелина и неблагоприятной микросредой [6]. Понимание этих различий требует применения методов, позволяющих отслеживать динамику клеточных и молекулярных изменений в реальном времени.

Флуоресцентные методы стали одним из ключевых инструментов в нейробиологических исследованиях благодаря способности специфически маркировать нейроны, глиальные клетки и внеклеточные структуры [2]. В основе методов лежит явление флуоресценции, при котором флуорофоры поглощают свет одной длины волны и излучают свет с более длинной волной, что позволяет детектировать сигнал с высокой чувствительностью. Для визуализации используются генетически кодируемые белки, органические красители, мембранные трейсеры и наночастицы, которые могут вводиться химически или экспрессироваться генетически [3]. Оборудование включает эпифлуоресцентные, конфокальные и двухфотонные микроскопы, обеспечивающие оптическое секционирование и визуализацию *in vivo* на глубине до 1 мм.

Применение флуоресцентных методов позволяет отслеживать рост аксонов, миграцию стволовых клеток, ремиелинизацию и формирование синапсов как *in vitro*, так и *in vivo*. Методы ретроградной и антероградной маркировки обеспечивают идентификацию регенерирующих нейронов, а генетическая маркировка в трансгенных моделях позволяет проводить долгосрочное наблюдение за судьбой отдельных клеток [5]. Флуоресцентные индикаторы кальция дают возможность оценивать не только структурное, но и функциональное восстановление нейронных сетей [1].

Преимущества флуоресцентных методов включают высокую молекулярную специфичность, возможность мультиплексной маркировки нескольких мишеней одновременно и сохранение физиологического контекста при *in vivo* визуализации. Развитие суперразрешающих технологий и двухфотонной микроскопии позволяет преодолевать дифракционный предел и изучать субклеточные структуры в живой ткани [4]. Однако существуют и ограничения: фотообесцвечивание и фототоксичность при длительном возбуждении, аутофлуоресценция тканей, создающая фоновый шум, ограниченная глубина проникновения света и потенциальная токсичность экзогенных зондов [7]. Интерпретация сигнала требует учёта влияния локальной микросреды на интенсивность флуоресценции.

Таким образом, флуоресцентные методы представляют собой перспективный инструмент для изучения механизмов нейрогенерации, позволяя перейти от описательных к

функциональным и количественным подходам. Несмотря на технические вызовы, развитие технологий способствует разработке новых стратегий терапии нейротравм и нейродегенеративных заболеваний. Комплексное применение флуоресцентной визуализации с другими методами обеспечивает целостное понимание процессов восстановления нервной ткани и ускоряет трансляцию фундаментальных знаний в клиническую практику.

Источники и литература

- 1) Öy, İ. Fast Neuronal Calcium Signals in Brain Slices Loaded With Fluo-4 AM Ester // European Journal of Neuroscience. 2025, №61. p. 16657.
- 2) Tewodros, A. Basic Principles and Applications of Live Cell Microscopy Techniques: A Review // World' Veterinary Journal. 2022, №12(3). p. 339–346.
- 3) Tripathi, D. Advances in Optical Contrast Agents for Medical Imaging: Fluorescent Probes and Molecular Imaging // Preprints. 2024, №11. p. 87–94.
- 4) Yang, X. Fluorescence imaging of peripheral nerve function and structure // Journal of Materials Chemistry B. 2023, №11. p. 10052–10071.
- 5) Иванов С.В., Петрова М.М. Применение флуоресцентной микроскопии для изучения регенерации периферических нервов // Морфология. 2021, №4. С. 45–51.
- 6) Ковражкина Е.А. Ингибиторы регенерации центральной нервной системы, их физиологическая роль и участие в патогенезе заболеваний // Неврология и психиатрия. 2018, №5. С.143–149.
- 7) Новиков В.В., Попова Т.Н. Флуоресцентные методы в исследовании нейропластичности и регенерации: возможности и ограничения // Успехи физиологических наук. 2021, №3. С. 45–56.
- 8) Обухов Д.К., Пуцина Е.В., Вараксин А.А. Регенерация в центральной нервной системе: от теории к эксперименту // Экспериментальное образование. 2015, №12. С.54–57.