блюдался в среднем колене — 240 КОЕ/мл, а максимум — 820 КОЕ/мл в водах южного колена. Известно, что количества углеводородокисляющих бактерий, превышающие сотню КОЕ/мл, указывают на загрязнение вод нефтепродуктами (Семерной, 2002). Полученные данные можно объяснить загрязнением акватории Кольского залива нефтепродуктами в результате работы промышленных и судовых предприятий.

Метод прямого счета бактерий показал, что численность бактериопланктона в водных экосистемах была на 2—4 порядка выше той, которая получена при посевах проб воды на твердые питательные среды. Данные были представлены в диапазоне от сотен тысяч до миллионов клеток в миллилитре. Минимальное количество клеток, учтенных на фильтрах, было выявлено на станции в среднем колене залива, а максимальное – в южном колене залива и составило соответственно: 0,95·106 и 4,6·106.

Результаты исследований показали, что численность микроорганизмов различных экологических групп в водах Кольского залива зависит от расположения станций: их отдаленности от источников антропогенного загрязнения, от близости к месту впадения рек в залив. Также на распределение микроорганизмов оказывают влияние определенные факторы окружающей среды, которые в свою очередь являются результатом конкретных пространственно-временных условий, подверженных постоянным изменениям.

## Выводы

В результате работы было выявлено, что воды Кольского залива в осеннее-зимний период характеризуются низкими показателями численности бактерий эколого-трофических групп; численность бактерий представлена десятками и сотнями КОЕ/мл.

Для объективной оценки общей численности бактериопланктона необходимо использовать метод прямой микроскопии. Данные, полученные этим методом, представлены миллионами клеток в миллилитре, что превышает численности бактерий, учтенных методом посева на питательные среды в 2–4 раза.

## Список литературы

- 1. Ильинский В.В. Гетеротрофный бактериопланктон: экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: авт. дис. . . . докт. биол. наук. М., 2000. 53 с.
- 2. Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты / под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997 265 с.
- 3. Олейник Г.Н. Бактериопланктон и бактериобентос в экотонных экосистемах // Гидробиол. журн. 1997. Т. 33, № 1. С. 51-62.
- 4. Семерной В.П. Санитарная гидробиология: учебное пособие. 2-е из., перераб. и доп. Ярославль: Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, 2003. 147 с.
- 5. ZoBell C.E. Marine microbiology. Waltham, Mass.: Chron. Bot. Press, 1946. 240 p.

## РАДИАЛЬНАЯ ГЛИЯ – КАК ИСТОЧНИК НОВЫХ НЕЙРОНОВ В ПОСТНАТАЛЬНОМ РАЗВИТИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

¹Обухов Д.К., ²Пущина Е.В.

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, <sup>2</sup>Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток, e-mail: dkobukhov@yandex.ru

Проблема физиологической и репаративной регенерации нервной ткани вызывает в последние годы большой интерес нейробиологов и медиков. Было показано, что во взрослом мозге позвоночных животных, в том числе и высших млекопитающих – приматах, в районе латеральных желудочков конечного мозга имеется особая «камбиальная зона», клетки которой размножаются и дифференцируются в новые нейроны и глиальные клетки. Особое место в организации и функционировании этой зоны принимает участие т.н. «радиальная глия – RG-клетки». Источником развития этих клеток являются нейральные стволовые клетки, расположенные в матричном слое развивающейся нервной трубки. В пренатальный период развития ЦНС вдоль длинных цитоплазматических выростов клеток радиальной глии в глубокие слои мозга мигрируют молодые нейроны. (Rakic, 2007; Коржевский, 2010).

Считается, что мозг взрослых млекопитающих радиальной глии уже не содержит, поскольку она трансформируется в астроциты, а нейрогенез во взрослом мозге идет за счет пролиферативной активности нейральных стволовых камбиальных клеток, расположенных в субвентрикулярной области латеральных мозговых желудочков. Однако, оказалось, что RG-клетки не только участвует в миграции вновь образованным нейронов, но сохраняются в постнатальном периоде развития ЦНС и способны участвовать в процессах нейро- и глиогенеза. (Fei He, Yi E. Sun, 2007; Kriegstein, Alvarez-Buylle, 2009; Puschina, Obukhov, 2010).

Несмотря на имеющиеся в литературе сведения, роль радиальной глии или ее потомков в процессах нейро- и глиогенеза в ЦНС у взрослых животных остается малоизученной. Одной из причин недостатка такой информации является отсутствие надежных молекулярных маркеров радиальной глии. Такие широко используемые маркеры нервных и глиальных клеток, как глиальный фибриллярный кислый белок (GFAP), виментин, протеин S-100 и другие, не являются строго специфичными и не позволяют определить направления дальнейшей дифференцировки клеток радиальной глии в мозге.

В данной работе представлены новые данные о роли радиальной глии в постнатальном нейро- и глиогенезе в структурах ЦНС позво-

ночных животных. Объектами исследования послужили несколько видов костистых рыб, в том числе такая широко известная нейрогенетическая модель, как Данио. Выбор объектов обусловлен тем, что радиальная глия присутствует в их мозге во взрослом состоянии. Необходимо было найти ряд маркеров, позволяющих выделить среди клеточной массы развивающегося или взрослого мозга клетки-предшественники и их возможные потомки в виде линий нейрональной или глиальной дифференцировки.

Одним из таких маркеров явился фермент *ароматаза-В* (Aro-B), которая связана с синтезом ароматизированных стероидов. Было обнаружено, что Аго-В синтезируется в клетках радиальной глии мозга взрослых позвоночных животных (Pellegrini et al., 2007). Кроме того, в RG-клетках, помимо Aro-B, выявляется активность TH – тирозингидроксилазы,  $HA \not\!\!\! / \Phi$  – диафоразы, ГАМК – гамма-аминомаслянной *кислоты* и NU – *протеина*. Последние традиционно рассматриваются как нейрогенные маркеры, что является уникальным явлением, позволяющим выявлять и разделять линии глиальной и нейронной дифференцировки в процессе развития мозга. Пролиферативные потенции клеток оценивали по наличию РСNA (ядерного антигена пролиферации) и BdU - бромдезоксиуридина. Иммуногистохимическое выявление этих маркеров, в том числе и методами двойной окраски, позволило установить какие клетки и где размножаются, какие клетки и в каком качестве мигрируют в зоны их дальнейшей дифференцировки.

В результате было показано наличие в перивентрикулярных областях разных отделов головного мозга взрослых животных пролиферативных зон, где происходит размножение клеток, а их потомки активно мигрируют по направлению от желудочка вглубь мозга, дифференцируясь, как полагаем, в новые нейроны и глию. В составе этих перивентрикулярных пролиферативных зон были идентифицированы клетки, которые по своим морфологическим и иммуногистохимическим параметрам относятся к клеткам радиальной глии. Клетки имели веретеновидное тело и отростки, один из которых направлялся вглубь стенки мозга, другой (короткий) контактировал с полостью мозгового желудочка. Интересен тот факт, что эти клетки одновременно экспрессировали Аго-В (характерной для линии дифференцировки клеток радиальной глии и глии в целом), а также ТН и НАДФ-Н (характерные преимущественно для линии нейронной дифференцировки). Сопоставляя полученные данные с данными об экспрессии ТН и НАДФ-Н в нейронах ЦНС у птиц и млекопитающих. можно предположить, что мы имеем дело с клетками -предшественниками как нейронной, так и глиальной линий дифференцировки.

Таким образом, в ЦНС взрослых рыб выявлено несколько активных зон пролиферации, в работе которых принимает участие радиальная глия. Это резко отличается от ситуации, наблюдаемой у млекопитающих, где с возрастом зона постнатальной пролиферации остается только в районе латеральных мозговых желудочков конечного мозга и в гиппокампе (в зоне зубчатой фасции).

Также показано, что в этих зонах, расположенных в различных отделах ЦНС (конечном, промежуточном, среднем и продолговатом мозге) сосуществуют быстро и медленно пролиферирующие субпопуляции клеток радиальной глии, отличающиеся по характеру иммуногистохимического маркирования. Выявленная таким образом гетерогенность клеток радиальной глии, по существу может соответствовать субпопуляциям клеток радиальной глии, наблюдаемым в эмбриогенезе коры большого мозга млекопитающих. (Pinto, Gotz, 2007).

Важно отметить, что распределение субпопуляций RG клеток в мозге совпадает с границами прозомеров (нейромеров), являющихся границами между формирующимися отделами мозга (Пущина и др, 2007).

Таким образом, радиальная глия (или ее потомки) сохраняется во взрослом состоянии у изученных видов рыб во многих регионах головного мозга, обладает высокими пролиферативными потенциями и может рассматриваться как источник постэмбрионального нейро- и глиогенеза.

Полученные в работе данные позволяют сделать ряд выводов:

- во взрослом мозге рыб сохраняются зоны активной пролиферации и дифференцировки элементов нервной ткани (нейронов и глии).
- важную роль в постнатальном нейро- и глиогенезе в ЦНС рыб играют клетки радиальной глии, популяция которой гетерогенна как в нейрохимическом, так и морфологическом отношениях.
- использование разнообразных маркеров позволило показать, что клетки радиальной глии (или их потомки) могут быть источником как глиальной, так и нейронной линий развития
- долгое сохранение в мозге зон пролиферации и дифференцировки может являться механизмом физиологической или репаративной регенерации структур мозга.
- в отличие от млекопитающих, в ЦНС рыб имеются несколько зон постнатальной пролиферации и дифференцировки нейронов (в конечном, промежуточном, среднем и продолговатом мозге), активность которых не падает у взрослых рыб. Это позволяет использовать рыб как хороший объект для изучения процессов пре- и постнатального нейрогенеза в ЦНС позвоночных животных и человека.