

# РАЗДЕЛ 1 ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## ВЗАИМОСВЯЗЬ АКТИВНОСТИ МОНОАМИНОКСИДАЗЫ Б И КОЛИЧЕСТВА АСТРОЦИТОВ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МОЗГЕ ЧЕЛОВЕКА

МАЛЬЦЕВА Н.В.<sup>1</sup>, ВОЛЧЕГОРСКИЙ И.А.<sup>2</sup>, ШЕМЯКОВ С.Е.<sup>3</sup>

## CORRELATION OF MONOAMINE OXIDASE B ACTIVITY AND NUMBER OF ASTROCYTES IN THE DEVELOPING HUMAN BRAIN

MALTSEVA N.V., VOLCHEGORSKII I.A., SHEMYAKOV S.E.

<sup>1</sup>Кафедра анатомии человека (зав. кафедрой – профессор Е.Л. Куренков), <sup>2</sup>кафедра фармакологии (зав. кафедрой – профессор И.А. Волчегорский) ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск; <sup>3</sup>кафедра анатомии человека (зав. кафедрой – профессор В.Н. Николенко), ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова», г. Москва.

Изучены динамика активности моноаминоксидазы-Б и количества астроцитов у плодов 2-й половина беременности и на ранних этапах постнатального онтогенеза (n = 153) в разных отделах головного мозга человека. Отмечено синхронное увеличение изученных показателей. Наиболее яркая динамика выявлена в сосцевидных телах гипоталамуса, где возрастная динамика ферментной активности прямо коррелировала с увеличением числа астроцитов. Возрастное увеличение MAO-активности в структурах моста, продолговатого мозга и мозжечка не коррелирует с числом астроцитов в этих мозговых компартментах. Данная закономерность качественно соответствует динамике числа глиоцитов и активности MAO-Б у людей зрелого, пожилого и старческого возрастов.

**Ключевые слова:** головной мозг, постнатальное развитие, моноаминоксидаза, астроциты.

Dynamics of monoamine oxidase B activity and the number of astrocytes in fetuses of the second half of gestation as well as during the early periods of postnatal ontogenesis (n=153) occurring in the various compartments of the human brain have been studied. Simultaneous increase of the studied indices was noted. The most pronounced dynamics was revealed in the hypothalamus mamillary bodies, where age-specific dynamics of enzyme activity directly correlated with the increase of the number of astrocytes. Age-related increase in the activity of bridge structures, medulla and cerebellum not correlate with the number of astrocytes in the brain

compartments. This pattern is qualitatively consistent with the dynamics of the number of glial cells and the activity of MAOB people mature, middle and old age.

**Key words:** brain, postnatal development, astrocytes, monoamine oxidase.

**Введение.** Моноаминоксидаза (MAO) является одним из основных ферментов нейромедиаторного обмена в нервной системе и играет важную роль в контроле эмоций и поведения [1, 2, 3]. Помимо этого, MAO играет важную роль в морфо-функциональном созревании мозга на этапах раннего постнатального онтогенеза человека [4]. Основная часть MAO-активности головного мозга (ГМ) связана с моноаминоксидазой-Б, экспрессирующейся главным образом в клетках астроглии [5, 6]. Долгое время астроцитам отводилась вспомогательная роль поддержания структуры нервной ткани и обеспечения активности нейронов [7]. Но последние исследования показали, что астроциты очень важны в регуляции таких процессов как синаптическая передача, проницаемость гематоэнцефалического барьера, регуляция циклов сон-бодрствование, развитие нервной системы [7, 8]. Известно, что прогрессивное нарастание активности MAO-Б на этапах старения человека тесно связано с параллельным увеличением числа глиальных клеток в различных церебральных регионах [4, 5, 6, 9]. На ранних этапах постнатального онтогенеза человека взаимосвязь между возрастной динамикой MAO-Б и количеством клеток астроглии остается практически неизученной.

**Цель исследования** - анализ возрастной динамики активности MAO-Б в сопоставлении с количеством астроцитов в разных отделах ГМ человека на начальных этапах онтогенеза.

**Материал и методы исследования.** Препараты ГМ получены при аутопсии 153 трупов людей, погибших в возрасте от 1 дня до 21 года от заболеваний и травм, не связанных с первичным поражением ГМ. Материал для исследования предоставлен Челябинским областным бюро

Таблица 1.

**Возрастная динамика активности мао-б (нм/мг/мин  $\times 10^{-3}$ ) и количества астроцитов (в 0,01 мм<sup>3</sup> ткани) в головном мозге на ранних этапах онтогенетического развития человека [m $\pm$ m]**

| Возраст               | -         | Отделы ГМ  |  |   |  |  |
|-----------------------|-----------|--|--|---|--|--|
|                       |           | Хвостатое ядро   | Кора (поле 6)  | Кора (поле 17)  | Таламус  | Средний мозг   |
| Плоды второй половины | MAO<br>АЦ | 2,8 $\pm$ 0,37<br>700,29 $\pm$ 19,56                             | 2,5 $\pm$ 0,28<br>345,45 $\pm$ 21,44                               | 2,6 $\pm$ 0,22<br>395,64 $\pm$ 13,36                  | 3,7 $\pm$ 0,60<br>408,11 $\pm$ 7,83                                  | 3,8 $\pm$ 0,64<br>468,81 $\pm$ 27,42                               |
| Новорожденные         | MAO<br>АЦ | 3,4 $\pm$ 0,50<br>712,60 $\pm$ 11,26                             | 4,3 $\pm$ 0,75 <sup>1</sup><br>381,56 $\pm$ 10,32                  | 2,0 $\pm$ 0,28<br>450,91 $\pm$ 17,45                  | 3,0 $\pm$ 0,47<br>406,84 $\pm$ 14,73                                 | 3,5 $\pm$ 0,71<br>583,53 $\pm$ 24,63 <sup>1</sup>                  |
| Грудной ребенок       | MAO<br>АЦ | 3,7 $\pm$ 0,36<br>767,28 $\pm$ 29,56                             | 2,5 $\pm$ 0,39 <sup>2</sup><br>675,48 $\pm$ 25,60 <sup>1,2</sup>   | 2,3 $\pm$ 0,21<br>516,52 $\pm$ 24,75                  | 4,0 $\pm$ 0,37<br>565,16 $\pm$ 26,65 <sup>1,2</sup>                  | 4,4 $\pm$ 0,79<br>799,8 $\pm$ 17,76 <sup>1,2</sup>                 |
| Раннее детство        | MAO<br>АЦ | 3,6 $\pm$ 0,49<br>727,84 $\pm$ 29,80                             | 2,7 $\pm$ 0,31<br>573,75 $\pm$ 29,78 <sup>1,2,3</sup>              | 4,0 $\pm$ 0,55 <sup>2,3</sup><br>499,33 $\pm$ 17,10   | 4,0 $\pm$ 0,25<br>623,74 $\pm$ 15,27 <sup>1,2</sup>                  | 4,4 $\pm$ 0,61<br>690,56 $\pm$ 36,44 <sup>1,2,3</sup>              |
| Первый период детства | MAO<br>АЦ | 3,9 $\pm$ 0,49<br>672,87 $\pm$ 21,23 <sup>3</sup>                | 2,5 $\pm$ 0,27 <sup>2</sup><br>546,00 $\pm$ 18,01 <sup>1,2,3</sup> | 3,7 $\pm$ 0,42 <sup>1,2,3</sup><br>494,15 $\pm$ 34,73 | 4,0 $\pm$ 0,52<br>577,83 $\pm$ 17,12 <sup>1,2,4</sup>                | 4,7 $\pm$ 0,66<br>628,42 $\pm$ 13,76 <sup>1,3</sup>                |
| Второй период детства | MAO<br>АЦ | 3,3 $\pm$ 0,55<br>698,14 $\pm$ 14,45                             | 2,9 $\pm$ 0,48<br>558,71 $\pm$ 26,37 <sup>1,2,3</sup>              | 3,2 $\pm$ 0,45<br>481,52 $\pm$ 30,75                  | 5,1 $\pm$ 0,80 <sup>2</sup><br>530,71 $\pm$ 14,09 <sup>1,2,4,5</sup> | 3,0 $\pm$ 0,35 <sup>5</sup><br>661,26 $\pm$ 20,01 <sup>1,2,3</sup> |
| Подростковый возраст  | MAO<br>АЦ | 4,2 $\pm$ 0,56 <sup>1</sup><br>661,07 $\pm$ 15,97 <sup>2,3</sup> | 2,7 $\pm$ 0,33<br>593,31 $\pm$ 25,97 <sup>1,2,3</sup>              | 2,8 $\pm$ 0,33<br>484,08 $\pm$ 26,76                  | 5,2 $\pm$ 0,57<br>532,14 $\pm$ 30,71 <sup>1,2,4</sup>                | 4,2 $\pm$ 0,69<br>641,03 $\pm$ 21,97 <sup>1,3</sup>                |
| Юношеский возраст     | MAO<br>АЦ | 4,2 $\pm$ 0,45 <sup>1</sup><br>664,08 $\pm$ 11,08 <sup>2,3</sup> | 3,0 $\pm$ 0,51<br>563,38 $\pm$ 15,75 <sup>1,2,3</sup>              | 2,2 $\pm$ 0,23 <sup>4,6</sup><br>496,16 $\pm$ 38,69   | 5,4 $\pm$ 0,61 <sup>1,2</sup><br>553,51 $\pm$ 18,04 <sup>1,2,4</sup> | 4,2 $\pm$ 0,39<br>610,23 $\pm$ 32,68 <sup>1,3</sup>                |

**Примечание:**  $p < 0,05$  U-критерий Манна-Уитни – <sup>1</sup> – с группой «плоды»; <sup>2</sup> – с группой «новорожденные»; <sup>3</sup> – с группой «грудной возраст»; <sup>4</sup> – с группой «раннее детство»; <sup>5</sup> – с группой «первый период детства»; <sup>6</sup> – с группой «второй период детства»; <sup>7</sup> – с группой «подростковый возраст» при значимой неоднородности показателей ( $p > 0,05$ ; критерий Краскелла-Уоллеса).

судебно-медицинской экспертизы и областным детским патологоанатомическим бюро. Наиболее частой причиной смерти явилась механическая асфиксия ( $n = 70$ ), реже – утопление ( $n = 35$ ), в 48 случаев смерть наступила в результате пневмонии, травм и отравлений. Препараты фетального ГМ получены при аутопсии 20 плодов, погибших в результате прерывания беременности по медицинским показаниям на 25-30-й неделях гестации. Во всех случаях образцы ГМ для биохимического исследования получали не позднее 12 часов с момента наступления смерти и для морфологического исследования не позднее 24 часов. Из исследования исключали препараты нервной ткани с признаками ишемического, геморрагического и травматического поражения.

В соответствии с возрастной периодизацией

[10], полученные образцы ГМ были разделены на 8 групп: плоды 2-й половины беременности, новорожденные (1-10 дней), грудной ребенок (от 11 дней до 1 года), раннее детство (от 1 года до 3 лет), 1-й период детства (3 – 7 лет), 2-й период детства (8 – 12 лет для мальчиков, 8 – 11 лет для девочек), подростковый возраст (13 – 16 лет для мальчиков, 12 – 15 лет для девочек), юношеский возраст (17 – 21 лет для мужчин, 16 – 20 лет для женщин).

Активность MAO-B и количество астроцитов изучали в двух участках коры (поля 6 и 17), головке хвостатого ядра, медиальных ядрах таламуса, сосцевидных телах гипоталамуса, задней доле мозжечка, в ядрах передней части варолиевого моста, красном ядре среднего мозга и в ядре нижней оливы продолговатом мозге. Активность

**Таблица 2.**  
**Возрастная динамика активности мао-б (нм/мг/мин × 10<sup>-3</sup>) и количества астроцитов (в 0,01 мм<sup>3</sup> ткани) в головном мозге на ранних этапах онтогенетического развития человека [m±m]**

| Возраст               |           | Отделы ГМ   |  |  |   |
|-----------------------|-----------|---|--|--|---|
|                       |           | Гипоталамус   | Мост   | Мозжечок   | Продолговатый мозг                                    |
| Плоды второй половины | MAO<br>АЦ | 3,0±0,62<br>437,13±19,59                                    | 2,3±0,26<br>362,00±17,49                               | 2,8±0,44<br>336,68±5,17                                    | 4,5±0,60<br>462,70±25,77                              |
| Новорожденные         | MAO<br>АЦ | 4,4±0,87<br>412,98±16,16                                    | 3,6±0,73<br>588,09±24,07 <sup>1</sup>                  | 2,5±0,44<br>374,12±11,78 <sup>1</sup>                      | 5,5±1,29<br>420,44±16,34                              |
| Грудной ребенок       | MAO<br>АЦ | 4,5±0,81<br>546,40±22,43 <sup>1,2</sup>                     | 3,3±0,54<br>599,73±18,08 <sup>1</sup>                  | 2,7±0,41<br>595,71±23,05 <sup>1,2</sup>                    | 7,0±0,78 <sup>1</sup><br>584,04±10,67 <sup>1,2</sup>  |
| Раннее детство        | MAO<br>АЦ | 5,5±0,49 <sup>1</sup><br>581,78±22,94 <sup>1,2</sup>        | 4,4±0,25 <sup>1</sup><br>629,93±15,92 <sup>1</sup>     | 4,3±0,43 <sup>1,2,3</sup><br>727,88±23,45 <sup>1,2,3</sup> | 3,9±0,39 <sup>3</sup><br>557,49±15,05 <sup>1,2</sup>  |
| Первый период детства | MAO<br>АЦ | 4,8±0,50 <sup>1</sup><br>590,39±19,05 <sup>1,2</sup>        | 3,4±0,29 <sup>1</sup><br>587,65±25,77 <sup>1</sup>     | 2,5±0,28 <sup>4</sup><br>732,36±24,50 <sup>1,2,3</sup>     | 3,9±0,37 <sup>3</sup><br>549,44±8,88 <sup>1,2,3</sup> |
| Второй период детства | MAO<br>АЦ | 8,3±0,1,60 <sup>1</sup><br>617,15 ± 10,57 <sup>1,2,3</sup>  | 4,4±0,63 <sup>1</sup><br>575,95±13,57 <sup>1,4</sup>   | 4,4 ± 0,76 <sup>1,5</sup><br>746,20±16,90 <sup>1,2,3</sup> | 4,9±0,76<br>534,45±12,96 <sup>1,2,3</sup>             |
| Подростковый возраст  | MAO<br>АЦ | 7,6±0,94 <sup>1,2,3,5</sup><br>593,56 ± 8,95 <sup>1,2</sup> | 4,3±0,84 <sup>1</sup><br>569,66±10,28 <sup>1,4</sup>   | 3,7±0,47<br>722,81±14,63 <sup>1,2,3</sup>                  | 5,2±0,68<br>586,73±15,39 <sup>1,2,6</sup>             |
| Юношеский возраст     | MAO<br>АЦ | 6,6±0,94 <sup>1</sup><br>518,48±19,81 <sup>1,2</sup>        | 6,8±0,63 <sup>1-6</sup><br>567,68±20,03 <sup>1,4</sup> | 3,7±0,60<br>710,47±19,56 <sup>1,2,3</sup>                  | 6,2±0,86<br>559,43±20,76 <sup>1,2</sup>               |

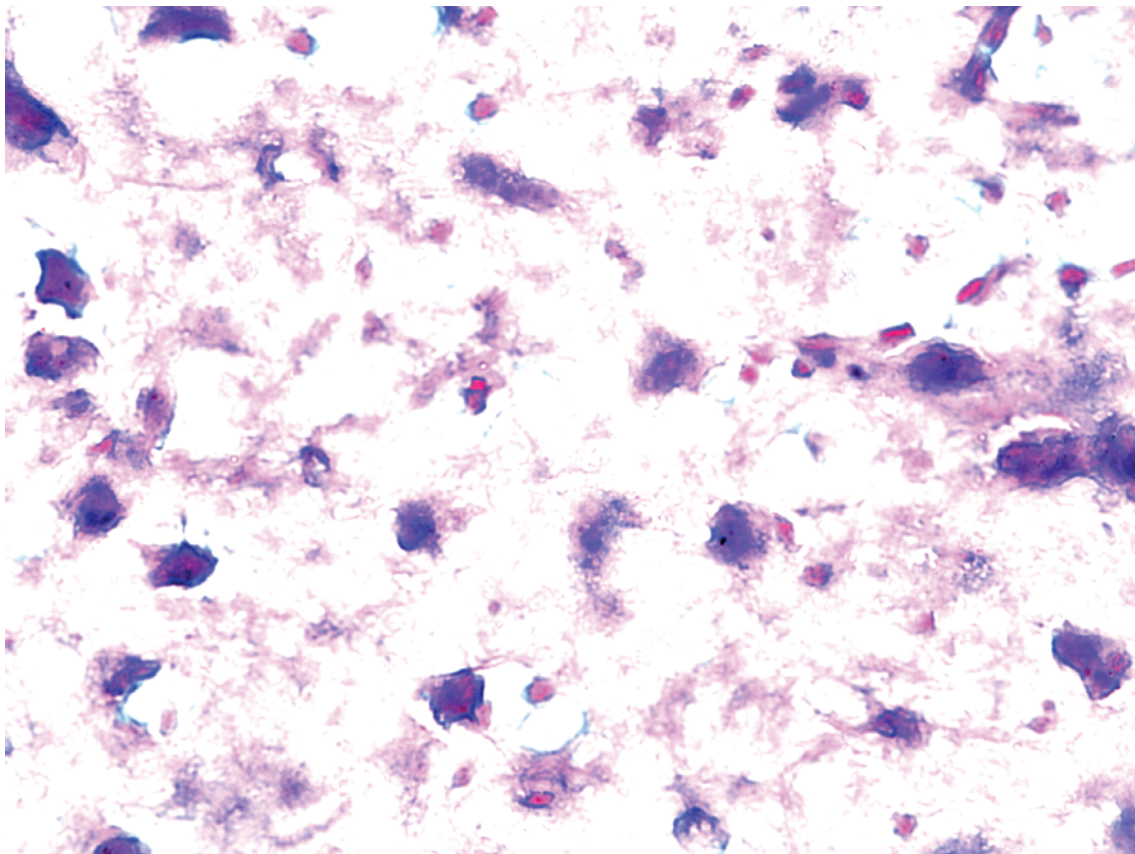
**Примечание:**  $p < 0,05$  U-критерий Манна-Уитни – <sup>1</sup> – с группой «плоды»; <sup>2</sup> – с группой «новоорожденные»; <sup>3</sup> – с группой «грудной возраст»; <sup>4</sup> – с группой «раннее детство»; <sup>5</sup> – с группой «первый период детства»; <sup>6</sup> – с группой «второй период детства»; <sup>7</sup> – с группой «подростковый возраст» при значимой неоднородности показателей ( $p < 0,05$ ; критерий Краскелла-Уоллеса).

MAO-Б в гомогенатах названных отделов мозга определяли спектрофотометрическим методом с использованием в качестве субстрата солянокислого бензиламина [11]. Для выявления астроцитов использовали методику Снесарева [12]. Подсчет количества глиальных клеток производился на микроскопе Leica DMRXA с помощью компьютерной программы анализа изображения Image Score, Leica (Германия). Статистическую сопоставимость (однородность) сформированных возрастных групп в целом оценивали по критерию Краскелла-Уоллеса. В случае выявления статистической неоднородности изученных выборок межгрупповые различия уточнялись по U-критерию Манна-Уитни. Изучение взаимосвязей проводили путем расчета коэффициентов корреляции по Спирмену ( $r_s$ ). Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне  $p=0.05$ .

#### Результаты исследования и их обсужде-

ние. Результаты проведенного исследования показали, что активность MAO-Б и количество астроцитов в исследованных структурах ГМ существенно отличались топически и по возрастным группам. В гипоталамусе, мозжечке и понтобульбарных структурах изучаемые показатели продемонстрировали статистическую неоднородность. Анализ, проведенный при помощи критерия Краскелла-Уоллеса, не позволил исключить принадлежность к одной статистической группе для таких показателей как активность MAO-Б в коре полушарий ГМ, хвостом ядре, таламусе и среднем мозге, а также для количества астроцитов в поле 17 коры больших полушарий (табл. 1).

Наибольшая активность MAO-Б регистрировалась в гипоталамусе (табл. 2), где ферментная активность нарастала по мере увеличения возраста. В раннем детском возрасте уровень MAO-активности достоверно увеличивался до 226 %



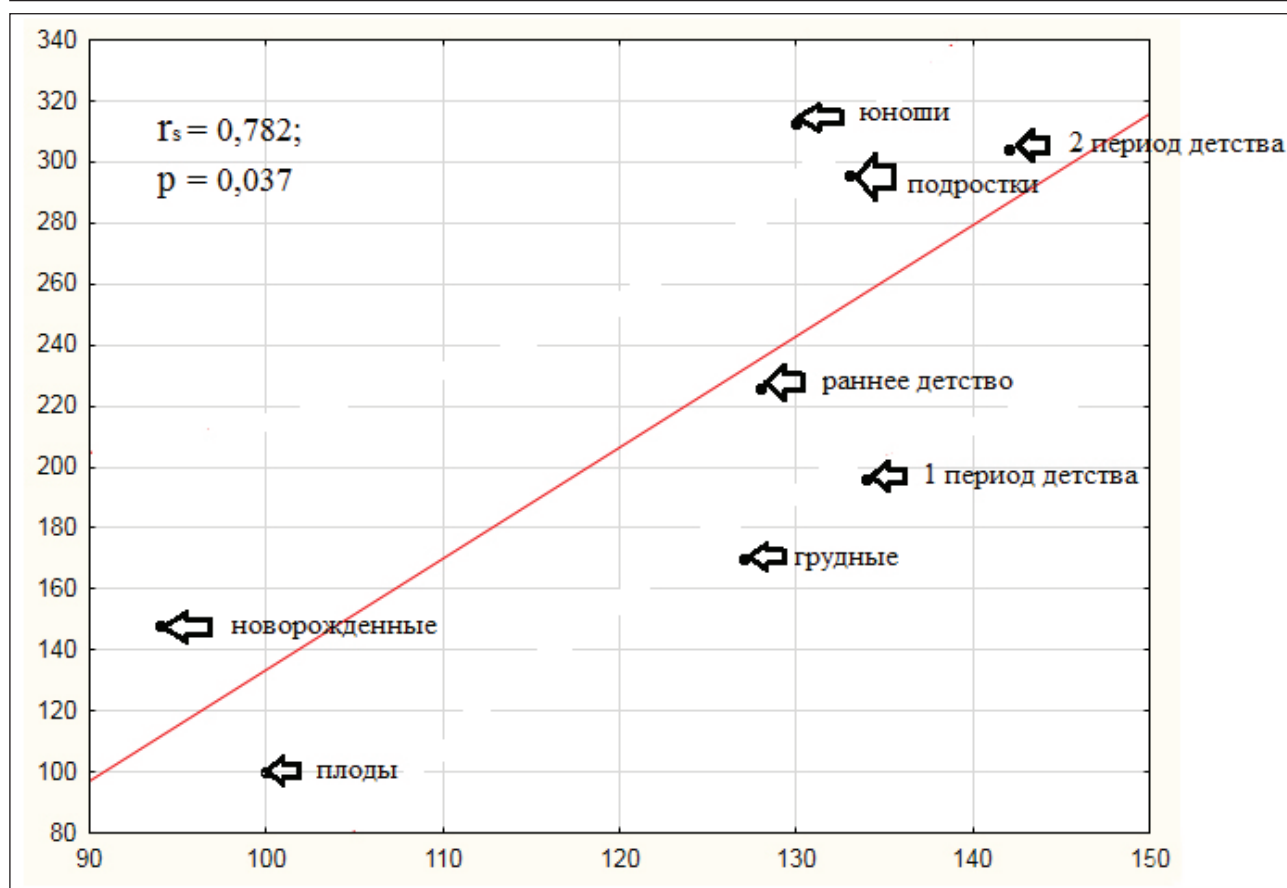
**Рис. 2.** Астроциты сосцевидных тел гипоталамуса. Фронтальный срез. Ж., 3 месяца. Окраска по Снесареву. Об. 40, ок. 10.

относительно показателей плодов 2-й половины беременности. Во 2-м периоде детства ферментная активность в сосцевидных телах гипоталамуса продолжала расти, оставаясь выше пренатальных значений. К юношескому возрасту активность МАО-Б в гипоталамусе достигала максимальных значений, увеличиваясь в 3,1 раза по сравнению с фетальными показателями.

Прирост МАО-активности в промежуточном мозге характеризуется параллельным увеличением количества астроцитов (табл. 2). Уже на первом году жизни число астроцитов в гипоталамусе достоверно выше значений плодов 2-й половины беременности и новорожденных (рис. 1). Это увеличение прослеживается вплоть до 2-го периода детства, когда показатель содержания астроцитов в сосцевидных телах достигает максимальных значений. В возрасте от 12 лет до 21 года количество астроцитов в гипоталамусе демонстрирует незначительную тенденцию к снижению относительно 2-го периода детства, но остается достоверно выше соответствующих показателей плодов 2-й половины беременности и новорожденных. В гипоталамусе выявлены положительные корреляции активности МАО-Б с календарным возрастом ( $r_s = 0.499$ ;  $p < 0.001$ ) и количества астроцитов с

календарным возрастом ( $r_s = 0.659$ ;  $p = 0.009$ ). Стандартизация медианных показателей активности МАО-Б и числа астроцитов по показателям плодов 2-й половины беременности и последующий корреляционный анализ позволили установить значимую взаимосвязь между изучаемыми показателями (рис. 2). Возрастное нарастание диэнцефальной МАО-Б-активности происходит параллельно увеличению числа астроцитов в сосцевидных телах гипоталамуса.

Установленная для гипоталамуса закономерность не соблюдалась в мозжечке и понто-бульбарных отделах. В продолговатом мозге не удалось выявить универсального однонаправленного возрастного прироста МАО-активности по мере увеличения возраста (табл. 2). Данный параметр транзиторно увеличивался в грудном возрасте, а затем достоверно снижался в период от 1 года до 7 лет. В юношеском возрасте наблюдалось повторное повышение МАО-активности до 143 % относительно значений у плодов 2-й половины беременности. На этом фоне число медуллярных астроцитов однонаправлено увеличивалось на протяжении изученных возрастных периодов (табл. 2). Это проявилось прямой корреляцией с календарным возрастом ( $r_s = 0.459$ ;  $p = 0.001$ ).



Несколько иная ситуация наблюдалась на уровне варолиева моста, где активность MAO-B достоверно коррелировала с календарным возрастом ( $r_s = 0.560$ ;  $p = 0.001$ ), а количество астроцитов претерпело фазные изменения (табл. 2). Начиная с раннего детства, активность MAO-B в данной стволовой структуре достоверно выше значений плодов 2-й половины беременности. К юношескому возрасту - ферментная активность увеличивалась до 314 % по сравнению с фетальными показателями. Значимое увеличение количества астроцитов моста отмечалось сразу после рождения. Дальнейшее нарастание изучаемого показателя происходило в течении 1-го года жизни, достигая максимальных значений к 3-м годам. В последующие изученные возрастные периоды число астроцитов моста снижалось, и со 2-го периода детства изучаемый параметр в данном отделе ГМ остался на уровне достоверно ниже значений раннего детства, но превосходя пренатальные показатели.

На уровне мозжечка динамика изучаемых показателей весьма напоминала продолговатый мозг (табл. 2). Подсчет количества астроцитов в мозжечке продемонстрировал их двукратное увеличение в юношеском возрасте по сравнению с пренатальными значениями. Нарастание данного параметра отмечалось сразу после рождения, и,

начиная с раннего детства, число астроцитов оставалось на одном уровне, достоверно превосходя значения плодов 2-й половины беременности, новорожденных и грудных детей. Количество астроцитов мозжечка прямо коррелировало с календарным возрастом ( $r_s = 0.689$ ;  $p = 0.001$ ).

Мозжечок характеризуется относительно невысоким уровнем MAO-активности. В данном отделе заднего мозга ферментная активность достоверно увеличивается в раннем детстве относительно значений у плодов 2-й половины беременности, грудных и новорожденных детей. В возрасте 3 – 7 лет изучаемый показатель снижается в 1,8 раза по сравнению с ранним детским возрастом и повторно нарастает во 2-м периоде детства. В юношеском возрасте активность MAO-B в мозжечке в 2 раза превосходит фетальные значения.

Обсуждение результатов исследования. В целом, полученные результаты продемонстрировали, что четкая прямая зависимость между числом астроцитов и активностью MAO-B в развивающемся мозге человека прослеживается только на диэнцефальном уровне. Возрастное увеличение MAO-активности в структурах моста, продолговатого мозга и мозжечка не коррелирует с числом астроцитов в этих мозговых компартментах. В тоже время, вектор изменений показате-

лей остается однонаправленным, демонстрируя увеличение количества астроцитов и активности MAO-B в головном мозге на ранних этапах развития человека. Данная закономерность качественно соответствует динамике числа глиоцитов и активности MAO-B у людей зрелого, пожилого и старческого возрастов [9, 13]. По-видимому, на ранних этапах онтогенеза этот процесс играет важную роль в регуляции нейрогенеза и возможно апоптотической элиминации нейроцитов [14]. В то же время, на поздних этапах онтогенеза данный процесс следует рассматривать как значимый механизм сенильной инволюции нервной ткани [13].

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Горкин, В.З. Аминоксидазы и их значение в медицине / В.З. Горкин. – Москва : Медицина, 1981. – 336 с.
2. Промыслов, М.Ш. Обмен веществ в мозге и его регуляция при черепно-мозговой травме / М.Ш. Промыслов. – Москва : Медицина, 1984. – 88 с.
3. Nicorta, A. Monoamine oxidase expression during development and aging / A. Nicorta, H. Pierucci, H. Parver [et al.] // *J Neurotoxicology*. – 2004. – Vol. 25, № 1-2. – P. 155-165.
4. Mallajosyula, J.K. MAO-B elevation in mouse brain astrocytes results in Parkinson's pathology / J.K. Mallajosyula, D. Kaur, S.J. Chinta [et al.] // *PLoS One*. – 2008. – Vol. 3, № 2. – P. 1616.
5. Gulyás, B. Activated MAO-B in the brain of Alzheimer patients, demonstrated by [11C]-L-deprenyl using whole hemisphere autoradiography / B. Gulyás, E. Pavlova, P. Kása [et al.] // *Neurochem Int*. – 2011. – Vol. 58, № 1. – P. 60-68.
6. Johansson, A. Evidence for astrocytosis in ALS demonstrated by [11C](L)-deprenyl-D2 PET / A. Johansson, H. Engler, G. Blomquist [et al.] // *J Neurol Sci*. – 2007. – Vol. 15, № 1-2. – P. 17-22.
7. Oberheim, N.A. Uniquely Hominid Features of Adult Human Astrocytes / N.A. Oberheim, T. Takano, X. Han [et al.] // *The Journal of Neuroscience*. – 2009. – Vol. 29, № 10. – P. 3276-3287.
8. Jansen, A.N. The ubiquitin proteasome system in glia and its role in neurodegenerative diseases / A.N. Jansen, E.A. Reits, E.M. Hol // *Front Mol Neurosci*. – 2014. – № 7. – P. 73.
9. Волчегорский, И.А. Сравнительный анализ возрастной динамики активности моноаминоксидазы-B и ферментов антиоксидантной защиты в различных отделах головного мозга человека / И.А. Волчегорский, С.Е. Шемяков, В.В. Турыгин [и др.] // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 2001. – Т. 132, № 8. – С. 174-177.
10. Автандилов, Г.Г. Медицинская морфометрия : руководство / Г.Г. Автандилов. – Москва : Медицина, 1990. – 384 с.
11. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма / И.А. Волчегорский, И.И. Долгушин, О.Л. Колесников [и др.]. – Челябинск : Изд-во ЧГПУ, 2000. – 167 с.
12. Саркисов, Д.С. Микроскопическая техника : руководство / Д.С. Саркисов, Ю.П. Петров. – Москва : Медицина, 1996. – 544 с.
13. Шемяков, С.Е. Активность MAO-B, процессы ПОЛ и морфологические изменения гипоталамуса в динамике старения человека / С.Е. Шемяков // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 2001. – Т. 131, № 6. – С. 694-696.
14. Башина, В.М. Аутизм в детстве / В.М. Башина. – Москва : Медицина, 1999. – 236 с.

#### Авторская справка:

1. Мальцева Наталья Васильевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии человека ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64; тел. 8(351) 232-13-09; e-mail: malinanv\_1@mail.ru).
2. Волчегорский Илья Анатольевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фармакологии ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64; тел. 8(351) 232-73-69; e-mail: volcheg@yandex.ru).
3. Шемяков Сергей Евгеньевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии человека ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; e-mail: shemy-akov@mail.ru.