

УДК 57+611.441:591.5

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО ЙОДА, ЕГО ГОРМОНАЛЬНЫХ И НЕГОРМОНАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ГОЛОВНОМ МОЗГУ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

ФАБРИ З. И., ПАЩЕНКО А. Е.

Спектрофотометрическим методом изучено распределение общего йода и гормонального йода—связанного с белками и бутанол-экстрагируемого йода в тканях головного мозга людей и у представителей 4-х классов позвоночных животных (рыбы, амфибии, птицы и млекопитающие), которые в ходе эволюционного развития приспособились к различным экологическим условиям внешней среды, питания и отличаются образом жизни.

Самое высокое содержание общего и гормонального йода выявлено у человека (в сером веществе больше, чем в белом). Высокие показатели отмечены в мозгу у водоплавающих, грызунов, хищников и парнокопытных животных. Низкий уровень общего йода и его гормональных фракций установлен в мозгу у зерноядных, всеядных и травоядных птиц и животных. Установленные особенности не являются характерными для распределения неорганического и органического негормонального йода.

Йодсодержащие гормоны щитовидной железы имеют большое значение для нормального развития и дифференцировки, а также функционирования головного мозга [1, 2]. Нервные клетки обладают способностью концентрировать тиреоидные гормоны, которые необходимы для осуществления метаболических процессов в нервной ткани [3]. Показано, что гипофункция щитовидной железы у плода, новорожденных, у молодых животных и человека приводит к необратимым изменениям в ЦНС. Даже во взрослом организме недостаточность тиреоидной функции вызывает нарушение деятельности ЦНС. Тиреоидные гормоны влияют на ЦНС путем активирования обмена моноаминов, белков и повышения активности ряда ферментов [4].

Изучение распределения йода, его гормональных и негормональных соединений в общепедагогическом аспекте представляет большой научный интерес. В литературе имеются лишь отдельные работы, посвященные этому вопросу [5, 6]. Учитывая видовые различия и влияние внешней среды на тканевой пул йода, нами изучено распределение общего йода и тиреоидных гормонов в тканях головного мозга людей и у представителей 4-х классов позвоночных животных, которые в ходе эволюционного развития приспособились к различным экологическим условиям внешней среды, питания и отличаются образом жизни.

Материалы и методы

Исследования проводили на рыбах (каarp—15, щука—15 экз.), амфибиях (лягушки—38 экз.), птицах (горлица обыкновенная—20, ворона черная—38, сова ушастая—12, утка-кряква—20 экз.), млекопитающих животных фауны (заяц—20, лисица—10, крыса серая—16, олень карпатский—5, косуля—17, дикий кабан—11 и белки—8 экз.), представителях сельскохозяйственных животных (крупный рогатый скот—22, свиньи домашние—22, бараны—20 экз.) и лабораторных животных (собаки—10, кролики—12, белые крысы—15, морские свинки—20 экз.). Исследована ткань головного мозга 15 случайно погибших, практически здоровых людей.

В ткани головного мозга изучали содержание общего йода (ОИ), связанного с белками йода (СБИ), куда входит йод гормонов—тироксина и трийодтиронина, а также негормональных органических соединений—моно- и дийодтирозинов и бутанол-экстрагируемого йода (БЭИ), который является исключительно йодом тирокина и трийодтиронина. Общий йод и его фракции определяли унифицированным спектрофотометрическим методом [7—10]. О содержании неорганического йода (НИ) судили по разности между общим содержанием йода и количеством связанного с белками йода. Количество органического негормонального йода (ОНИ) вычисляли по разнице между СБИ и БЭИ. Содержание ОИ и СБИ в ткани мозга позволило вычислить уровень протендизации йода, для чего был произведен расчет процентного содержания СБИ от ОИ.

Полученные результаты обработаны методом вариационной статистики [11].

Результаты и обсуждение

Из данных табл. 1—3 видно, что уровень различных фракций йода распределяется в мозгу человека и различных животных неравномерно. Так, самый высокий уровень ОИ отмечался в головном мозгу людей, при этом в сером веществе он был выше, чем в белом. Обращает на себя внимание высокое содержание ОИ в мозгу карпатского оленя, баранов, крупного рогатого скота, лисиц и уток. Средним содержанием отличались ткани мозга косули, дикого кабана, домашней свиньи, собаки, белой крысы, лягушек и щуки. Низкий уровень ОИ отмечен в мозгу карпа, морской свинки, кролика, зайца, горлицы, совы, вороны, белки и серой крысы. Причем у сельскохозяйственных животных серое вещество накапливает больше йода, чем белое.

В мозгу большинства животных гормональные фракции йода (СБИ, БЭИ) распределены параллельно его общему содержанию. Не обнаружено подобных закономерностей при анализе распределения негормональных фракций йода—НИ и ОНИ. Учитывая, что эти фракции представляют продукты распада йодсодержащих гормонов, можно предположить, что установленные различия их содержания связаны с

особенностями метаболизма в ткани мозга различных животных. Уровень протенидации йода СБЙ/ОЙ был высок в мозгу у сельскохозяйственных животных, собак и лягушек. Низкие показатели протенидации йода отмечены у щуки, горлицы и серой крысы.

Представляет интерес анализ распределения различных фракций йода в мозгу животных отдельных классов, обитающих в разных экологических условиях и отличающихся по характеру и способу питания. Эти факторы внешней среды, очевидно, оказывают влияние на тканевой обмен в целом, в частности на внутриклеточный обмен йода и тиреоидных гормонов. Так, при сравнении содержания ОЙ и СБЙ в мозгу у двух видов рыб—карпа (травоядного) и щуки (хищника) видно, что ткани мозга последней накапливают больше йода. При этом степень протенидации и содержание СБЙ были ниже у щуки. Высокий уровень НИ и ОНИ у щуки свидетельствует об интенсивном распаде тиреоидных гормонов в мозгу (табл. 1).

Более значительное количество СБЙ и БЭЙ было обнаружено в мозгу лягушек по сравнению с их содержанием у рыб. Причем процент протенидации был также более высоким, в то же время количество НИ и ОНИ было ниже.

Среди птиц самый высокий уровень ОЙ нашли в ткани мозга уток (более чем в 2 раза выше, чем у других птиц). Содержание гормональных фракций (СБЙ, БЭЙ) в 3—3,3 раза было выше, чем у остальных птиц. Что касается количества НИ и ОНИ, то выявленная закономерность здесь не обнаруживалась. Уровень протенидации был также самым высоким среди обследованных птиц в мозгу уток.

Следует отметить сравнительно высокую степень протенидации йода в мозгу совы (хищник), при невысоком абсолютном содержании общего и гормонального йода. У зерноядных птиц (горлица, ворона) концентрация СБЙ и БЭЙ была самая низкая, при низком уровне протенидации йода в мозгу. Интересно, что содержание ОНИ у всех птиц было в 2—3 раза ниже, чем у рыб и лягушек. Содержание НИ практически не отличалось у представителей 3-х классов, за исключением щуки, в мозгу которой оно оказалось высоким.

Из проведенного анализа распределений ОЙ и его фракций видно, что интенсивное накопление тканью головного мозга общего и гормонального йода отмечалось у тех животных и птиц, которые обитают в водной среде. Среди них выделялись высокими показателями рыбы и птицы, ведущие хищный образ жизни и получающие с пищей сравнительно больше йода, чем травоядные и зерноядные. При этом не было выявлено четкой закономерности в распределении НИ и ОНИ.

В табл. 2 представлены результаты по изучению распределения йода, его гормональных и негормональных соединений в головном мозгу млекопитающих, в частности у диких, сельскохозяйственных и лабораторных животных. Анализ данных таблицы показал, что среди животных фауны самый высокий уровень ОЙ, СБЙ и БЭЙ был выяв-

Таблица 1

Распределение общего жира и его фракций в головном мозгу у рыб, лягушек и птиц
($M \pm m$; мкг%)

Животные	n	ОЙ	СБЙ	СБЙ/ОЙ в отн. %	БЭЙ	НЙ	ОНЙ
Карп	15	$1,18 \pm 0,20$	$0,75 \pm 0,08$	$63,0 \pm 6,5$	$0,52 \pm 0,09$	$0,43 \pm 0,04$	$0,23 \pm 0,06$
Щука	15	$1,52 \pm 0,32$	$0,82 \pm 0,08$	$54,0 \pm 4,0$	$0,46 \pm 0,06$	$0,70 \pm 0,11$	$0,36 \pm 0,06$
Лягушка	38	$1,50 \pm 0,14$	$1,20 \pm 0,03$	$83,0 \pm 6,2$	$0,95 \pm 0,07$	$0,29 \pm 0,11$	$0,25 \pm 0,06$
Горлица обыкновен- ная	20	$0,83 \pm 0,05$	$0,46 \pm 0,03$	$55,0 \pm 3,1$	$0,40 \pm 0,04$	$0,36 \pm 0,03$	$0,06 \pm 0,01$
Ворона чер- ная	38	$0,68 \pm 0,04$	$0,46 \pm 0,04$	$65,0 \pm 3,8$	$0,33 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,02$
Сова уша- стая	12	$0,76 \pm 0,05$	$0,57 \pm 0,05$	$74,0 \pm 3,0$	$0,52 \pm 0,04$	$0,16 \pm 0,06$	$0,05 \pm 0,01$
Утка-кряква	20	$1,94 \pm 0,06$	$1,53 \pm 0,06$	$79,0 \pm 2,0$	$1,44 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,02$

Примечание. В табл. 1, 2 n—количество опытов

Таблица 2

Содержание общего йода и его фракций в головном мозгу у млекопитающих
(дикие, сельскохозяйственные и лабораторные животные)
($M \pm m$; мкг%)

Животные	n	ОЙ	СБЙ	СБЙ/ОЙ в отн. %	БЭЙ	НЙ	ОНЙ
Заяц	20	$0,98 \pm 0,05$	$0,67 \pm 0,03$	$68,0 \pm 5,8$	$0,51 \pm 0,02$	$0,30 \pm 0,03$	$0,16 \pm 0,01$
Лисица	10	$1,91 \pm 0,10$	$1,71 \pm 0,10$	$72,0 \pm 3,1$	$1,49 \pm 0,14$	$0,20 \pm 0,04$	$0,22 \pm 0,09$
Крыса серая	16	$0,56 \pm 0,05$	$0,28 \pm 0,04$	$50,0 \pm 5,6$	$0,21 \pm 0,04$	$0,28 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,04$
Олень карпатский	5	$2,25 \pm 0,16$	$1,68 \pm 0,17$	$73,0 \pm 8,9$	$1,51 \pm 0,14$	$0,56 \pm 0,03$	$0,18 \pm 0,08$
Кабан дикий	11	$1,54 \pm 0,14$	$1,29 \pm 0,20$	$75,0 \pm 6,4$	$1,22 \pm 0,11$	$0,25 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,01$
Косуля	17	$1,73 \pm 0,13$	$1,48 \pm 0,09$	$78,0 \pm 6,2$	$1,28 \pm 0,10$	$0,33 \pm 0,08$	$0,23 \pm 0,09$
Белка	8	$0,63 \pm 0,05$	$0,45 \pm 0,06$	$75,0 \pm 5,2$	$0,30 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,03$	$0,18 \pm 0,04$
Крупный рогатый скот	22						
белое вещество		$1,76 \pm 0,13$	$1,56 \pm 0,11$	$89,0 \pm 9,6$	$1,25 \pm 0,12$	$0,30 \pm 0,05$	$0,30 \pm 0,05$
серое вещество		$1,96 \pm 0,17$	$1,72 \pm 0,10$	$88,0 \pm 6,6$	$1,50 \pm 0,14$	$0,25 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,03$
Свинья	22						
белое вещество		$1,61 \pm 0,20$	$1,28 \pm 0,19$	$79,0 \pm 5,8$	$1,10 \pm 0,15$	$0,35 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,03$
серое вещество		$1,67 \pm 0,20$	$1,46 \pm 0,18$	$87,0 \pm 8,8$	$1,38 \pm 0,16$	$0,38 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,10$
Баран	20						
белое вещество		$1,96 \pm 0,06$	$1,56 \pm 0,06$	$79,0 \pm 9,1$	$1,29 \pm 0,04$	$0,40 \pm 0,10$	$0,27 \pm 0,02$
серое вещество		$2,06 \pm 0,10$	$1,67 \pm 0,06$	$81,0 \pm 8,0$	$1,48 \pm 0,03$	$0,38 \pm 0,05$	$0,19 \pm 0,01$
Кролик	12	$1,05 \pm 0,51$	$0,77 \pm 0,08$	$73,0 \pm 3,9$	$0,66 \pm 0,27$	$0,28 \pm 0,06$	$0,11 \pm 0,02$
Собака	10	$1,55 \pm 0,05$	$1,30 \pm 0,07$	$83,0 \pm 2,8$	$1,10 \pm 0,05$	$0,25 \pm 0,05$	$0,20 \pm 0,06$
Морская свинка	20	$1,02 \pm 0,03$	$0,77 \pm 0,04$	$76,0 \pm 2,3$	$0,55 \pm 0,04$	$0,24 \pm 0,22$	$0,22 \pm 0,03$
Белая крыса	15	$1,45 \pm 0,24$	$0,96 \pm 0,15$	$67,0 \pm 4,6$	$0,83 \pm 0,16$	$0,31 \pm 0,08$	$0,25 \pm 0,06$

лен в мозгу оленя, лисицы, косули и кабана. Уровень протендизации йода одинаковый у всех представителей фауны, кроме серой крысы, у которой он был низок. Самые низкие показатели обнаружены у зайца, белки и серой крысы. Содержание НИ и ОНИ менялось неоднозначно, и установить четкую закономерность в распределении этих фракций в мозгу не представлялось возможным. По-видимому, это обусловлено неодинаковой интенсивностью дейодирования тиреоидных гормонов, что зависит от активности их тканевого метаболизма.

Среди обследованных животных были травоядные (косуля, олень, кабан, заяц), хищники (лисица) и всеядные (серая крыса). В мозгу лисицы накапливается примерно столько йода, сколько у крупных травоядных—кабана и косули, и гораздо больше, чем у зайца, крысы и белки. Не исключено, что это зависит от характера питания, а также от интенсивности энергетического обмена.

Таблица 3

Распределение различных фракций йода
в головном мозгу людей ($M \pm m$; мкг%)

Фракции йода	Белое вещество	Серое вещество
ОЙ	$2,36 \pm 0,10$	$2,77 \pm 0,14$
СБЙ	$1,73 \pm 0,10$	$2,10 \pm 0,10$
БЭЙ	$1,59 \pm 0,11$	$1,88 \pm 0,12$
НИ	$0,63 \pm 0,08$	$0,67 \pm 0,15$
ОНИ	$0,14 \pm 0,07$	$0,22 \pm 0,06$
СБЙ, ОЙ, отп. %	$74,0 \pm 3,0$	$77,0 \pm 3,0$

Относительно высокий уровень ОЙ и его гормональных фракций был выявлен в головном мозгу сельскохозяйственных животных. При этом у баранов и крупного рогатого скота их содержание было выше, чем у свиней. Уровень протендизации йода у всех сельскохозяйственных животных был выше в сером веществе, чем в белом. Неорганический йод (НИ) и йод в составе моно- и диодитиозинов (ОНИ) менялись неоднозначно, что объясняется особенностями тканевого обмена йода в этих двух отделах мозга.

У лабораторных животных максимальный уровень ОЙ, СБЙ и БЭЙ выявлен в мозгу собак и белых крыс. Ниже он и примерно равен у кролика и морской свинки. Уровень протендизации максимальный у собак, самый низкий—у белых крыс. Количество НИ и ОНИ было примерно равным в головном мозгу всех лабораторных животных, за исключением ОНИ у кроликов, у которых оно в 2 раза было выше, чем у остальных животных.

Объяснение неодинаковых резервов йода и тиреоидных гормонов в головном мозгу различных лабораторных животных можно искать в особенностях питания. Например, собаки получают рацион, более богатый йодом, чем кролики и морские свинки. При этом нельзя исключить и такую особенность, как более высокий уровень обмена ве-

ществ у крыс, для обеспечения которого необходим интенсивный приток тиреоидных гормонов к тканям. В пользу этого говорит высокий уровень НИ и ОНИ в мозгу крыс. Важно, что подобные закономерности распределения общего йода, его гормональных и негормональных фракций у лабораторных животных выявлены и для других тканей [12].

Как отмечали выше, в мозгу человека найдено самое высокое содержание общего и гормонального йода. При этом в сером веществе все параметры тиреоидного пула были выше, чем в белом веществе (табл. 3). Следовательно, функциональные особенности тканей обуславливают перестройку йодного обмена. Эта мысль подтверждается ранее выявленными особенностями распределения общего йода и его фракций в различных органах и тканях человека, выполняющих неодинаковые функции [13].

Результаты исследований позволяют высказать мнение, что такие экологические факторы, как среда обитания, характер и способ питания, специфически влияют на интенсивность накопления и утилизации йода и тиреоидных гормонов тканью головного мозга. Максимальное накопление общего и гормонального йода обнаружено в мозгу человека, а также у животных и птиц, живущих в воде, для которых характерны более высокие энергетические затраты, чем у наземных. Высокий уровень йода и его фракций выявлен у хищников и крупных парнокопытных; низкие его показатели отмечены в головном мозгу у мелких травоядных, зерноядных и всеядных животных. Очевидно, при этом определенная роль принадлежит среде обитания. Животные и птицы, обитающие в воде, подвергаются охлаждению, что сопровождается повышением интенсивности обмена веществ и энергии и вызывает усиленный приток тиреоидных гормонов в ткань мозга [14,15]. Хищники получают пищу, богатую йодом, что отражается на обеспеченности их организма этим микроэлементом.

Высокий уровень неорганического йода в мозгу у некоторых животных может свидетельствовать о глубоком распаде гормонов, усиленном их дейодировании, что приводит к освобождению значительного количества ионов йода. Как известно, активные ионы йода наряду с гормонами оказывают стимулирующий эффект на основные параметры тканевого метаболизма [16]. Наличие низкого содержания ОНИ (йод моно- и дейодитирозин) в головном мозгу у отдельных животных можно объяснить взаимопревращением тиреоидных гормонов, хотя, по некоторым данным, они также могут оказывать эффект на интенсивность метаболизма в нервной ткани [17].

Следовательно, путем сравнительного изучения накопления общего йода и его гормональных и негормональных соединений в ткани головного мозга у людей и представителей 4-х классов животных выявлены определенные эволюционные (филогенетические) и экологические особенности их распределения.

THE DISTRIBUTION OF TOTAL IODINE, ITS HORMONAL AND NONHORMONAL COMPOUNDS IN BRAIN OF MAN AND ANIMALS

FABRI Z. J., PASCHENKO A. E.
State University, Uzhgorod

The distribution of total, protein-bound hormonal iodine and butanol-extracted iodine has been studied by means of a spectrophotometric method in the brain tissue of man and representatives of 4 classes of vertebrata (fish, amphibia, birds and mammals), which had adapted themselves to different ecological conditions in the course of evolution.

The highest content of total and hormonal iodine has been found in human brain, the grey matter containing larger amounts than the white one.

Large amounts of these substances have been detected in the brain of waterfowl, rodents, beasts of prey and artiodactyls. The brain of granivorous, omnivorous and herbivorous birds and animals contains small amounts of total iodine and its hormonal fractions. The established peculiarities are not characteristic of the inorganic and organic nonhormonal iodine distribution.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ratel A. J., Balazs R., Smith R. M., Kingsbury A. E., Hunt A. Approach Brain Develop. Proc. Int. Meet., Amsterdam, p. 261—277, 1980.
2. Hetzel B. S., Hay I. D. Clin. Endocrinol., 11, 445—460, 1979.
3. Ford D. H.—In: Biochemical factors concerned in the functional activity of the nervous system (ed. D. Richter), N. Y., London, p. 68—78, 1969.
4. Mess Béla—In: Biológia aktuális problémái, 20, 75—125, 1980.
5. Пащенко А. Е., Фабри З. Я., Карпинец Р. И. Вестн. с.-х. наук, 4, 61—63, 1976.
6. Carr E. A., Riggs D. S. Biochem. J., 54, 217—224, 1953.
7. Пащенко А. Е., Фабри З. Я., Мицо А. Ш., Касаткина Л. А. Комплексное определение общего йода и его фракций при изучении обеспеченности организма йодом и функционального состояния щитовидной железы, Ужгород, УжГУ, с. 9, 1974.
8. Barker S. B., Humphrey M. I., Soley M. N. J. Clin. Invest., 30, 55—62, 1951.
9. Степанов Г. С. Лаб. дело, 10, 593—599, 1965.
10. Kontaxis N. E., Pickering D. E. J. Clin. Endocrinol., 18, 774—779, 1958.
11. Ойвин Н. А. Пат. физиол. и эксперимент. терапия, 4, 76—85, 1960.
12. Фабри З. Я., Пащенко А. Е. Биол. науки, 5, 35—39, 1977.
13. Фабри З. Я., Пащенко А. Е., Ленёв Е. Ю. Здравоохранение Белоруссии, 7, 24—26, 1981.
14. Русин В. Я., Барашков В. А. Физиол. ж. СССР, 64, 1463—1467, 1978.
15. Соболев В. Н. Физиол. ж. СССР, 63, 1589—1597, 1977.
16. Колотилова А. И., Кудряцева Г. В., Рачев Р. Р., Редих С. В. Вопросы мед. химии, 20, 155—158, 1974.
17. Рачев Р. Р., Димитров М. Н. Вопросы мед. химии, 24, 20—26, 1979.

Государственный университет,
Ужгород

Поступила 14.XII 1981