

## **ВАРИАНТЫ СТРОЕНИЯ ВЕТВЕЙ БЕЛОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРВЯ МОЗЖЕЧКА ЧЕЛОВЕКА**

**Харьковский национальный медицинский университет**

**(г. Харьков)**

Работа выполнена в рамках научной тематики кафедры гистологии ХНМУ «Нейроно-глиально-капиллярные взаимоотношения головного мозга человека», № государственной регистрации 0102U001861.

**Вступление.** Мозжечок относится к тем структурам головного мозга, которые имеются только у позвоночных. В филогенезе мозжечок впервые появляется у рыб и происходит из билатерального расширения ромбовидного мозга [5]. У наиболее простых представителей позвоночных – круглоротых (миноги и миксины), мозжечок имеет форму поперечной пластинки, перекидывающейся через передний отдел ромбовидной ямки и практически неотличим от структур ствола мозга [3]. У большинства рыб мозжечок состоит из средней части – тела мозжечка и из боковых ушек – аурикул. У хрящевых и костистых рыб мозжечок обладает наибольшим диапазоном изменчивости среди структур мозга, которая определяется условиями среды обитания видов. Наибольшего развития мозжечок достигает у пелагических (хищных) акул. В нём формируются борозды и извилины, которые отсутствуют у большинства костистых рыб. В этом случае развитие мозжечка вызвано сложным движением акул в трёхмерной среде [6]. Структуры мозжечка у рыб соответствуют архи- и палеоцеребеллуму человека [8].

У амфибий мозжечок развит очень слабо и состоит из узкой поперечной пластинки над ромбовидной ямкой. У рептилий отмечается увеличение размеров мозжечка, который также представлен узкой вертикальной пластинкой, лежащей над передним краем ромбовидной ямки [2]. Мозжечок рептилий представлен собственно червем. У представителей этого класса выявлены следы передней и задней борозд, которые присущи стадиям раннего эмбриогенеза птиц и млекопитающих. Этими бороздами мозжечок делится на передний, средний и задний отделы [5].

У птиц мозжечок состоит из массивной средней части (червя) и двух небольших долей, которые гомологичны клочку мозжечка млекопитающих (флоккулюс), в том числе и человека [6]. Девятью поперечными извилинами червь разделяется на десять листков – долек, которые объединяются в три

доли: переднюю (I–IV), среднюю (VI–VII) и заднюю (IX и X) [1,2,4,5].

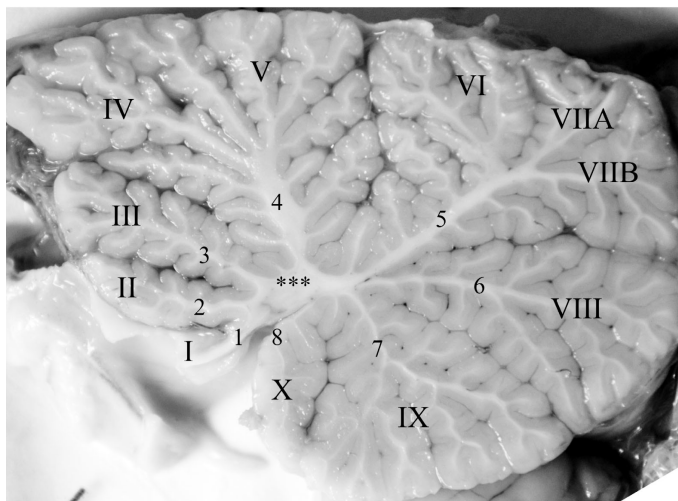
У млекопитающих мозжечок состоит из червя и парных полушарий. Дольки червя и полушарий мозжечка у млекопитающих состоят из множества извилин – листков. Сложная пространственная структура белого и серого вещества образуют уникальный рисунок – «древо жизни» [2].

У человека «древо жизни» состоит из центрального белого вещества и восьми ветвей, ветвления которых образуют основу десяти классических долек червя и полушарий [7]. Мозжечок человека включает три разные филогенетические зоны: архицеребеллум (древний мозжечок), палеоцеребеллум (старый мозжечок) и неоцеребеллум (новый мозжечок). Архицеребеллум, филогенетически самая старая часть мозжечка, представлен долькой X червя (нодулюс) и флоккулярными дольками полушарий, которые вместе формируют флоккуло-нодулярную долю мозжечка. Палеоцеребеллум включает I, II, III, IV-V дольки червя (верхний палеоцеребеллум) и VIII, IX дольки червя (нижний палеоцеребеллум). Неоцеребеллярными являются дольки VI-VII [7]. Каждая долька имеет свое уникальное строение, определяемое особенностью ветвления белого вещества и вариабельностью количества листков серого вещества [7].

**Цель работы** – установить особенности строения и закономерности ветвления ветвей белого вещества червя мозжечка человека.

**Объект и методы исследования.** Исследование проведено на базе Харьковского областного бюро судебно-медицинской экспертизы на 230 объектах – мозжечках трупов людей обоего пола, умерших от причин, не связанных с патологией мозга, в возрасте 20–99 лет. В ходе судебно-медицинского вскрытия проводили рассечение червя строго по центральной сагиттальной плоскости. Вид мозжечка на разрезе фотографировали, после чего проводили анализ оцифрованных изображений.

Проведенные исследования полностью соответствуют законодательству Украины и отвечают принципам Хельсинкской декларации прав человека, Конвенции Союза Европы относительно прав человека и биомедицины (подтверждено заключением комиссии по биоэтике, протокол № 3, 2006 г).



**Рис. Срединное сагитальное сечение червя мозжечка человека: \*\*\* – центральное белое вещество, арабскими цифрами обозначены восемь его ветвей, дольки обозначены римскими цифрами.**

Работа была проведена в соответствии с требованиями «Инструкции о проведении судебно-медицинской экспертизы» (приказ МОЗ Украины №6 от 17.01.1995), в соответствии с требованиями и нормами, типичным положением по вопросам этики МОЗ Украины № 690 от 23.09.2009 г.

### **Результаты исследований и их обсуждение.**

От центральной части белого тела (БТ) мозжечка отходят восемь ветвей (рис.). Первая ветвь образует первую дольку червя, или язычок (*lingula*). Вторая и третья ветви формируют вторую дольку червя – центральную дольку (*lobulus centralis*, дольки II-III). Четвертая ветвь является основой вершины (*culmen*, дольки IV-V). Пятая ветвь формирует неocerebellярные дольки мозжечка – *скат* (*declive*, долька VI), *листок червя* (*folium vermis*, долька VIIA) и *бугор червя* (*tuber vermis*, долька VIIB), шестая – дольку VIII, *пирамиду* (*pyramis*), седьмая – *язычок уздечки* (*uvula*, долька IX), восьмая – *узелок* (*nodulus*, долька X).

Листки серого вещества первой ветви лежат на внутренней поверхности *верхнего паруса*. В каждом четвертом случае она затем отходит от верхнего паруса и продолжается в небольшую самостоятельную веточку белого вещества.

Вторая и третья ветви имеют похожее строение. Листки серого вещества лежат на двух поверхностях, *ростральной* и *каудальной*, и на вершине.

В зависимости от величины и формы можно выделить четыре типа строения второй ветви. Первый: маленькая ветвь едва доходит до свободной поверхности мозжечка или скрыта в его глубине. Второй: ветвь средней величины, правильной формы; ее вершина участвует в формировании поверхности мозжечка. Третий: крупная ветвь; свободной поверхности достигает не только вершина, но несколько листков *ростральной* поверхности. Четвертый: главный ствол отдает одну хорошо заметную крупную веточку, доходящую до свободной

поверхности. Долька, таким образом, как бы разделена на две неравные вершины.

Третья ветвь может быть больше, примерно равна или меньше второй ветви. Она непостоянная, присутствует только в 33,2% наблюдений.

Четвертая ветвь – одна из двух самых больших в черве (вместе с пятой, неocerebellярной). У нее можно выделить три поверхности: свободную, или наружную, видимую; и две скрытые: верхнюю, или *ростральную*, обращенную к центральной дольке, и нижнюю, или *каудальную*, обращенную к неocerebellяру. Ее ствол отдает ветви, формирующие верхнюю и нижнюю поверхности дольки и на определенном расстоянии от начала разделяется на две поверхностные ветви первого порядка, верхнюю и нижнюю. Каждая из них затем может последовательно делиться на две ветви второго, третьего и четвертого порядков, так же верхние и нижние. Нижние ветви всех порядков более массивные, короткие и ветвистые, чем

парные им верхние. Ветвь любой генерации или заканчивается вершущкой на свободной поверхности, или делится на дочерние ветви; чем выше генерация ветви, тем чаще она заканчивается вершущкой. Свободная поверхность, таким образом, образована вершущками ветвей разных генераций во всевозможных сочетаниях. Длина поверхностных ветвей различна и зависит от уровня их деления на дочерние ветви.

Ствол *пятой* ветви, длинный и прямой, на достаточно большом расстоянии от начала разделяется на две или три ветви первого порядка – верхнюю (ВВ) и нижнюю (НВ) (постоянные) и заднюю (ЗВ) (непостоянную). Они далее в определенном порядке делятся на дочерние ветви второго порядка, одна из которых является продолжением материнской, другая отходит кзади, в пространство между главными ветвями. Окончания трех или четырех дочерних ветвей второго порядка формируют свободную поверхность.

*Шестая* ветвь на достаточно большом расстоянии от своего начала отдает под острым углом вниз, в сторону дольки IX, последовательно две дочерние поверхностные ветви, первую – проксимальную и вторую – дистальную. Иногда она дополнительно делится на две маленькие поверхностные веточки: нижнюю – третью поверхностную, и верхнюю – угловую. Таким образом, свободная поверхность дольки образована окончаниями трех или четырех ветвей.

*Седьмая* ветвь также разделяется на две главные ветви – верхнюю и нижнюю. Верхняя лежит ближе к дольке VIII (*рострально*), нижняя – к дольке X (*каудально*). Угол между ГС и верхней ветвью более развернутый, чем между ГС и нижней ветвью, таким образом, именно верхняя ветвь является продолжением главного ствола. От первой и/или второй главных ветвей в пространстве между ними в сторону свободной поверхности отходят одна или две меньшие, непостоянные *средние* ветви

– рostrальная (передняя) и каудальная (задняя). В зависимости от количества средних ветвей можно выделить три варианта ветвления седьмой ветви: первый – имеются только главные ветви, средних ветвей нет; второй – есть одна средняя ветвь; третий – есть обе средние ветви. Средние ветви могут отходить от верхней и/или нижней главных ветвей или места их разделения.

*Восьмая* ветвь белого вещества начинается в области вершины *шатра*. Сначала она на некотором протяжении лежит на *нижнем парусе* (эту часть дольки можно считать ее *основанием*). Затем отходит от него, продолжаясь в *свободную часть* – маленькую веточку. Иногда ветвь белого вещества сразу отходит от нижнего паруса и переходит в свободную часть. Редко ветвь, наоборот, имеет только основание.

Анализ приведенных выше данных о строении восьми основных ветвей белого тела мозжечка позволяет выделить три основных типа их ветвления:

1-й – **простой**, характерен для I-й, II-й, III-й, VIII-й ветвей (дольки *lingula*, LC-I, LC-II, *nodulus*). Такие ветви состоят из неразветвленного главного ствола белого вещества, на одной или двух поверхностях которого расположены листки серого вещества;

2-й – **дихотомический**, характерен для IV-й ветви (долька *Culmen*). Ветвь последовательно делится на две ветви первого, затем второго, третьего, а иногда и четвертого порядка. При этом постоянными являются только верхняя и нижняя ветви первого порядка, формирующие основу IV и V долек. Их дочерние ветви могут отсутствовать, заканчиваться верхушкой на свободной поверхности, или делиться на дочерние ветви следующего порядка;

3-й – **Y-образный**, характерен для V-й, VI-й и VII-й ветвей (неоцереbellарных долек червя, а также долек *pyramis* и *uvula*). Ствол ветви разделяется на две главные, постоянные поверхностные ветви – верхнюю и нижнюю. Верхняя ветвь часто (а в *Пирамиде* – всегда) является основным продолжением ГС; она, как правило, крупнее, отдает больше дочерних ветвей, чем нижняя ветвь. Верхняя и нижняя ветви делятся и отдают одну или две дополнительные дочерние ветви второго порядка в сторону свободной поверхности в пространстве между ними. Место отхождения этих ветвей

вариабельно. В том числе они могут отходить от материнской ветви низко, сразу после разделения главного ствола, или непосредственно в месте разделения ГС на две главные ветви. Различия в количестве и расположении средних ветвей определяют вариант строения дольки.

Три типа строения белого вещества ветвей разные по сложности. Первый тип наиболее простой. Возможно, он образовался в результате эволюции листка серого вещества: простой листок – сложный листок с двумя листовыми пластинками – маленькая веточка; простой листок – удлинённый листок – маленькая веточка. В пользу такого предположения говорят данные сравнительной анатомии. Так, у некоторых животных, например, птиц, дольки мозжечка представлены только удлинёнными листками. У человека можно увидеть удлинённый листок или слабо развитую веточку на месте третьей ветви (второй вершины центральной дольки).

Иногда II-я и III-я ветви, формирующие центральную дольку, имеют один или несколько удлинённых листков, листков сложной формы, или маленькую дочернюю веточку. Такой вариант строения можно считать переходным от первого ко второму типу.

Три типа ветвления соответствуют филогенетически разным отделам червя. Первый тип присущ архицереbellуму и первым трем долям верхнего палеоцереbellума, второй – четвертой и пятой долям верхнего палеоцереbellума, третий – долям неоцереbellума и нижнего палеоцереbellума. Возможно, данные особенности ветвления являются частью различий строения филогенетически разных отделов червя, имеют разный филогенетический возраст и отражают эволюцию мозжечка.

**Выводы.** Сложная пространственная конфигурация мозжечка человека связана со строением его белого вещества. Восемь ветвей белого вещества образуют основу десяти классических долек червя. Можно выделить три типа ветвления: простой, дихотомический и Y-образный. Они присущи ветвям и долям, имеющим разный филогенетический возраст. Усложнение строения, вероятно, отражает эволюционные преобразования в мозжечке.

**Перспективы дальнейших исследований.** Полученные данные являются базовыми для составления атласов строения мозжечка на основе закономерностей его индивидуальной изменчивости.

### Литература

1. Андреева Н. Г. Эволюционная морфология нервной системы позвоночных / Н. Г. Андреева, Д. К. Обухов. – СПб. : Лань, 1999. – 384 с.
2. Головной мозг // Энциклопедический словарь Брокгауз и Ефрона. – СПб. : Типо-Литография И. А. Ефрона, 1893. – Т. IX (Гоа-Гравёр). – С. 76-93.
3. Мозжечок // Большая медицинская энциклопедия / Гл. ред. Б. В. Петровский. – 3-е изд. – М. : Советская энциклопедия, 1981. – Т. XV (Меланома-Мудров). – С. 350-368. – 576 с.
4. Омельковець Я. Порівняння макро- і мікроморфології кори мозочка ящірки прудкої, перепела звичайного, підковоноса великого / Я. Омельковець, М. Березюк // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки, РОЗДІЛ III. Зоологія. – 2012. – Вип. 19. – С. 123 – 128.
5. Омельковець Я. Особливості макроморфології мозочка птахів різних екологічних груп / Я. Омельковець, М. Березюк // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2013. – Вип. 62. – С. 275–284.
6. Савельев В. С. Происхождение мозга / В. С. Савельев. – М. : ВЕДИ, 2010. – 200 с.

7. Синельников Р. Д. Атлас анатомии человека: в 4 т. / Р. Д. Синельников, Я. Р. Синельников. – М. : Медицина, 1996. – Т. 4. – С. 71–75.
8. Romer A. S. The Vertebrate Body / A. S. Romer, T. S. Parsons. – Philadelphia : Holt-Saunders International, 1977. – С. 531.

УДК 611. 817. 1 : 572. 7: 57. 087: 611. 714/. 716

### ВАРИАНТИ БУДОВИ ГІЛОК БІЛОЇ РЕЧОВИНИ ЧЕРВ'ЯКА МОЗОЧКА ЛЮДИНИ

Степаненко О. Ю., Мар'єнко Н. І.

**Резюме.** За особливостями розгалуження всі гілки черв'яка мозочка можна розділити на три типи. Перший – *простий*, характерний для I-ї, II-ї, III-ї, VIII-ї гілок (часточки *lingula*, LC-I, LC-II, *nodulus*). Такі гілки складаються із нерозгалуженого головного стовбура білої речовини, на одній або двох поверхнях якого розташовані листки сірої речовини. Другий – *дихотомічний*, характерний для IV-ї гілки (часточка *Culmen*). Гілка послідовно ділиться на дві гілки першого, потім другого, третього, а іноді і четвертого порядків. При цьому постійними є тільки верхня і нижня гілки першого порядку. Їх дочірні гілки можуть бути відсутні, закінчуватись верхівкою на вільній поверхні, або ділитись на дочірні гілки наступного порядку. Третій – *Y-подібний*, характерний для V-ї, VI-ї і VII-ї гілок (неоцеребелярних часточок черв'яка, а також часточок *pyramis* і *uvula*). Стовбур розділяється на дві постійні гілки – верхню і нижню, які віддають одну або дві дочірні гілки в сторону вільної поверхні в просторі між ними. Відмінності в кількості і розташуванні середніх гілок визначають варіант будови часточки.

Три типи розгалуження відповідають філогенетично різним відділам черв'яка. Перший тип характерний для архіцеребеллюма і перших трьох часточок верхнього палеоцеребеллюма, другий характерний для четвертої і п'ятої часточок верхнього палеоцеребеллюма, третій – для часточок неоцеребеллюма і нижнього палеоцеребеллюма. Можливо, дані особливості розгалуження є частиною відмінностей будови філогенетично різних відділів черв'яка, мають різний філогенетичний вік і відображують еволюцію мозочка.

**Ключові слова:** людина, мозочок, «дерево життя», філогенез, індивідуальна мінливість.

УДК 611. 817. 1:572. 7:57. 087:611. 714/. 716

### ВАРИАНТЫ СТРОЕНИЯ ВЕТВЕЙ БЕЛОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРВЯ МОЗЖЕЧКА ЧЕЛОВЕКА

Степаненко А. Ю., Мар'єнко Н. И.

**Резюме.** По особенностям ветвления все ветви червя мозжечка человека можно разделить на три типа. Первый – *простой*, характерен для I-й, II-й, III-й, VIII-й ветвей (дольки *lingula*, LC-I, LC-II, *nodulus*). Такие ветви состоят из неразветвленного главного ствола белого вещества, на одной или двух поверхностях которого расположены листки серого вещества. Второй – *дихотомический*, характерен для IV-й ветви (долька *Culmen*). Ветвь последовательно делится на две ветви первого, затем второго, третьего, а иногда и четвертого порядка. При этом постоянными являются только верхняя и нижняя ветви первого порядка. Их дочерние ветви могут отсутствовать, заканчиваться верхушкой на свободной поверхности, или делиться на дочерние ветви следующего порядка. Третий – *Y-образный*, характерен для V-й, VI-й и VII-й ветвей (неоцеребеллярных долек червя, а также долек *pyramis* и *uvula*). Ствол разделяется на две постоянные ветви – верхнюю и нижнюю, которые отдают одну или две дочерние ветви в сторону свободной поверхности в пространстве между ними. Различия в количестве и расположении средних ветвей определяют варианты строения дольки.

Три типа ветвления соответствуют филогенетически разным отделам червя. Первый тип характерен для архіцеребеллюма и первых трех долек верхнего палеоцеребеллюма, второй присущ четвертой и пятой долькам верхнего палеоцеребеллюма, третий – долькам неоцеребеллюма и нижнего палеоцеребеллюма. Возможно, данные особенности ветвления являются частью различий строения филогенетически разных отделов червя, имеют разный филогенетический возраст и отражают эволюцию мозжечка.

**Ключевые слова:** человек, мозжечок, «дерево жизни» филогенез, индивидуальная изменчивость.

UDC 611. 817. 1:572. 7:57. 087:611. 714/. 716

### The Varyants of White Matter Branches Structure of Human Cerebellar Vermis

Stepanenko A. Yu., Maryenko N. I.

**Abstract.** Human cerebellum has three different phylogenetic zone: archicerebellum, paleocerebellum and neocerebellum. Archicerebellum consists of lobules X. Paleocerebellum consists of I, II, III, IV-V lobules (upper paleocerebellum) and VIII, IX lobules (lower paleocerebellum). Neocerebellum consists of lobules VI-VII. Each lobules has its own unique structure. Purpose – to establish the structural features and patterns of branching of the white matter branches of the human cerebellar vermis. SUBJECTS AND METHODS. The study was made at 230 objects with age 20-99 years. The vermis was dissected along the central sagittal plane. Cerebellum sectional view for photographing and then analyzed the digitized image.

From the central part of the white body of the cerebellar vermis depart eight branches. The first branch forms the first lobule, *lingula*. The second and third branches form *lobulus centralis* – lobules II-III. The fourth branch forms

lobules IV-V, culmen. The fifth branch forms neocerebellar lobule – declive, lobule VI, folium vermis, lobule VIIa and tuber vermis, lobule VII B, the sixth – lobule VIII, pyramis, seventh – uvula, lobule IX, the eighth – nodulus, lobule X.

The first branch lie on the inner surface of the superior velum. In each fourth case, it then moves away from the velum and continues in a small independent lobule. The second and third branches have a similar structure. Their gray matter lie on the two surfaces – rostral and caudal, and on top.

A fourth branch is divided into upper and lower primary branches. Each of them is then logically divided into two branches, the second, third and fourth order, superior and inferior too. The free surface is formed by the tops of the branches of different generations in various combinations.

The fifth branch is divided into two or three branches of the first order – upper and lower – fixed and back – unstable. They are further divided into child branches of the second order. One of them is the continuation of the parent branch, the other moves backward. The end of three or four subsidiary branches of the second order form free surface.

The sixth branch has two or three children superficial branches that extend downward.

The seventh branch is divided into two main branches, upper and lower. From the main branches depart one or two medium-sized branches – the rostral (anterior) and caudal (posterior). Average branch may extend from the top and / or bottom of the main branches or places of their separation.

Eighth branch lies on the lower sail (base). Then continues in the free part – a small branch.

All lobules of the cerebellar vermis of human can be divided into three types according to the peculiarities of branching. The first type is *simple* includes I, II, III, VIII branches (lobules lingula, LC-I, LC-II, nodulus) This lobules are consist of non-branched white matter in one or both surfaces which is different number of folia of gray matter. The second type – *dichotomous*, includes IV branch (lobule Culmen). Branch of the white matter consistently dichotomous divide, forming a plurality of branches from the 1st to the 4th order. Only upper and lower branches (1<sup>st</sup> order) are permanent. Their secondary branches can be absent, end on visible surface of cerebellum or divide into secondary branches of next order. The third type – *Y-like* includes V, VI and VII branches (neocerebellar lobules of vermis and lobules pyramis and uvula). The main trunk of the white matter is divided into two main branches (upper and lower), which are divided into different number of secondary (middle) branches, number and location of which determines the variant of the lobule form.

Three types of branching are corresponding to different phylogenetic parts of cerebellar vermis. First type is characteristic for archicerebellum and first three lobules of the upper paleocerebellum. Second type is characteristic for VI and V lobules of upper paleocerebellum. Third type is characteristic for neocerebellum and lower paleocerebellum.

Maybe, this peculiarities of branching are the part of the differences of structure of different phylogenetic parts of cerebellar vermis. Described types of lobules have different phylogenetic age and represent evolution of cerebellum.

**Keywords:** human, cerebellum, “arbor vitae”, phylogenesis, individual variability.

*Рецензент – проф. Костиленко Ю. П.*

*Стаття надійшла 24. 08. 2014 р.*