

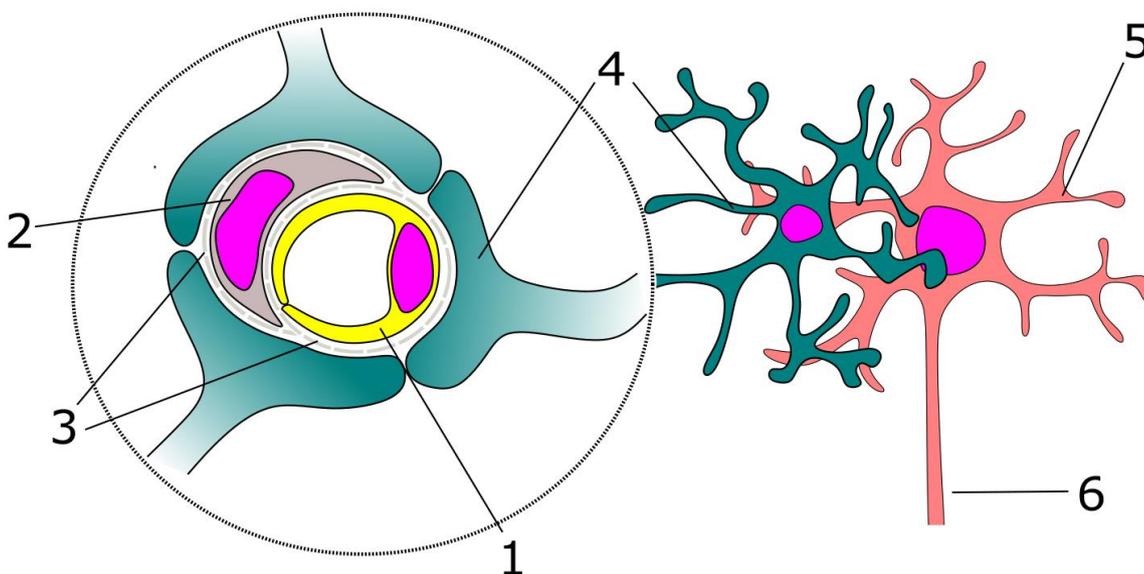
Задания
практического тура регионального этапа
XXXVIII Всероссийской олимпиады школьников по биологии.
2021-22 уч. год. 10 класс

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ (максимум 50 баллов)

Организм человека содержит множество компартментов, характеризующихся относительным постоянством клеточного состава и межклеточной среды. Между такими компартментами существуют барьеры, поддержание целостности которых является необходимым условием для нормальной жизнедеятельности человека. К таким барьерам относятся гематоэнцефалический барьер, или ГЭБ. ГЭБ представляет собой совокупность клеток и межклеточного вещества, разграничивающую нервную ткань мозга и кровь. В этом задании Вам предстоит ознакомиться с некоторыми структурными и функциональными особенностями ГЭБ.

Задание 1. Компоненты гематоэнцефалического барьера. (3 балла)

На рисунке ниже схематично изображен ГЭБ. Соотнесите название структуры с ее номером на рисунке:



Задание 2. Проницаемость гематоэнцефалического барьера для различных метаболитов.

(5 баллов)

Не все соединения свободно проходят через гематоэнцефалический барьер. Отметьте, в Листе Ответов какие из перечисленных в бланке ответов веществ способны проходить через ГЭБ, а какие нет.

Важно: вопрос относится к нормальному, не поврежденному ГЭБ, при отсутствии воспаления или какой-либо патологии.

Задание 3. Таргетная доставка наночастиц через гематоэнцефалический барьер. (17 баллов)

ГЭБ является существенной преградой на пути токсинов и патогенов, предотвращая их попадание в нервную ткань. В то же время ГЭБ существенно ограничивает доставку лекарственных препаратов, которые применяются в терапии таких заболеваний, как паркинсонизм или болезнь Альцгеймера. Чтобы облегчить прохождение ГЭБ для терапевтических препаратов, разрабатываются различные методики.

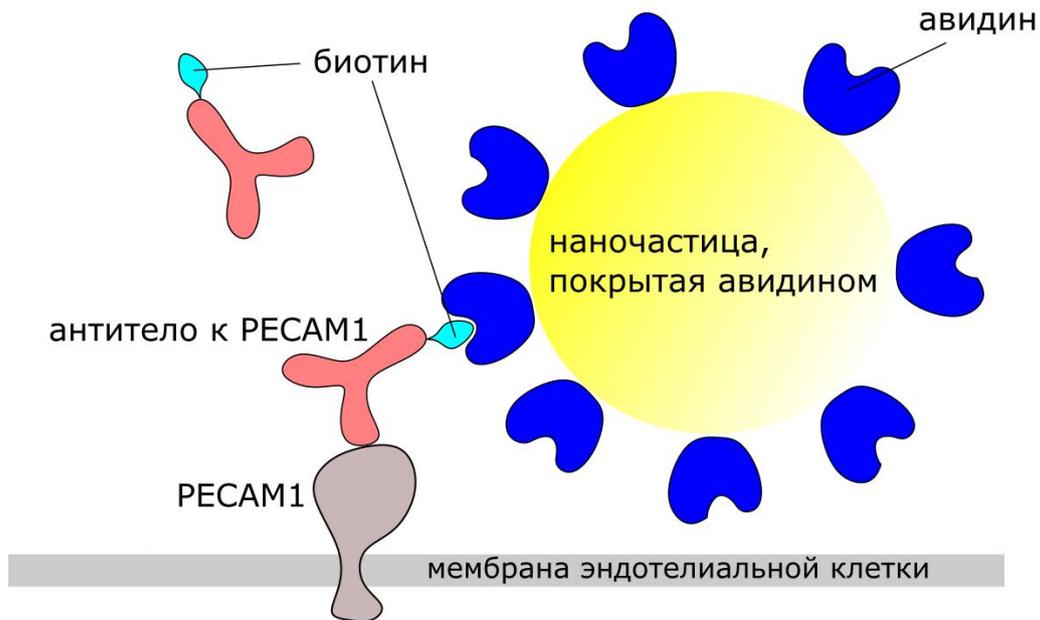
Одним из основных препятствий, ограничивающих доставку наночастиц в мозг, является пониженная активность эндоцитоза в эндотелиальных клетках капилляров мозга по сравнению с капиллярами других тканей. Если ввести в кровь препарат наночастиц, то он в первую очередь будет поглощаться периферическими тканями (в первую очередь – печенью и легкими), и только в самом конце – мозгом.

В 2020 году группа японских исследователей предложила новый способ доставки наночастиц, который наоборот, позволяет оригинальным образом задействовать это явление. В основе этого метода лежат два типа взаимодействия молекул.

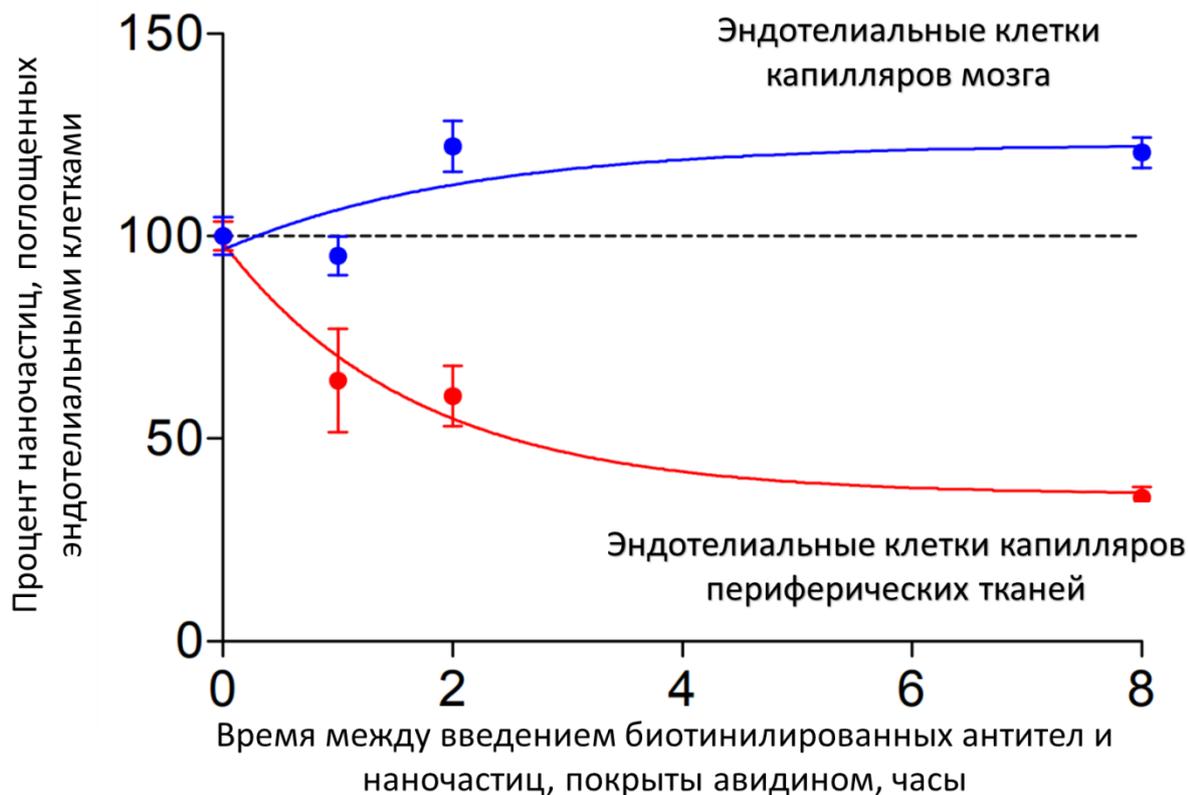
Во-первых, распознавание антителом антигена. Исследователи используют антитела к белку PECAM1, присутствующему на плазматической мембране эндотелиальных клеток. Предварительно, антитела химически «сшивают» с биотином.

Во-вторых, прочное связывание биотина с белком авидином. Если покрыть наночастицы авидином, а потом добавить их к биотинилированным антителам, антитела очень прочно скрепятся с наночастицами.

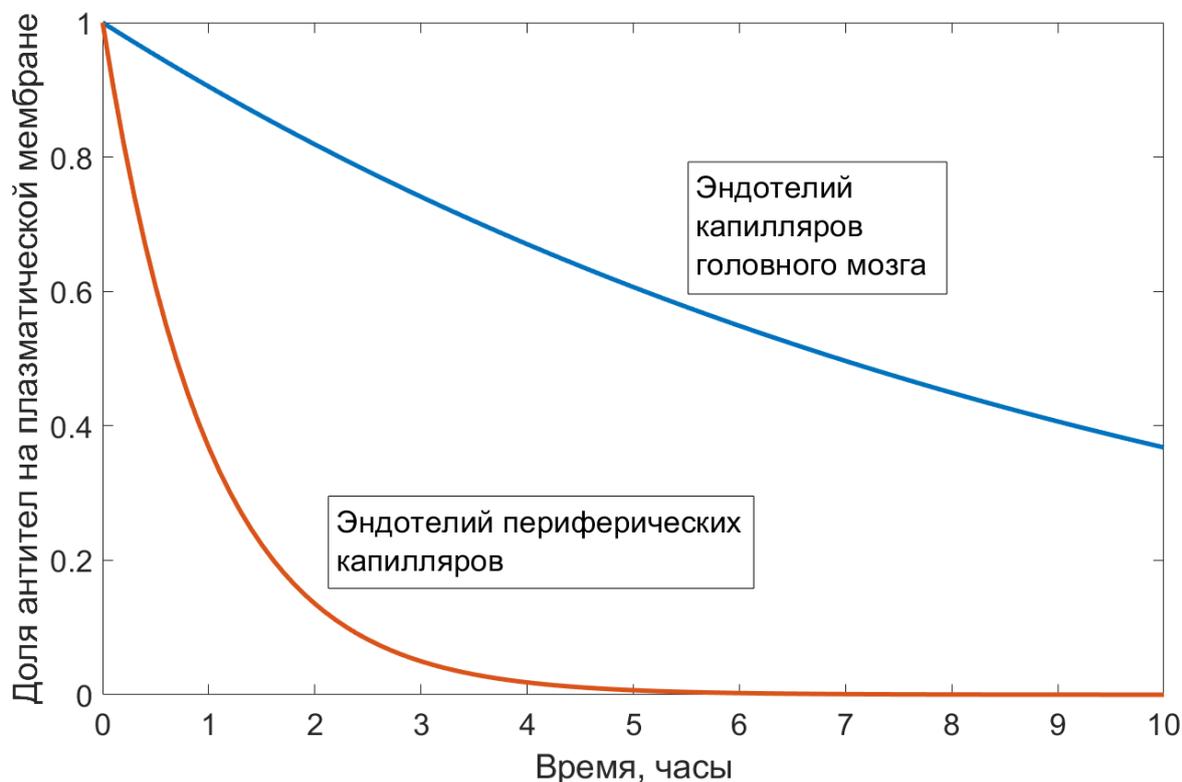
Таким образом, биотинилированные антитела связываются с плазматической мембраной эндотелиальных клеток, а покрытые авидином наночастицы связываются с биотинилированными антителами, как показано на рисунке:



На первой фазе пациенту вводятся биотинилированные антитела к белку PECAM1, присутствующему на мембране эндотелиальных клеток. Затем, через определенный промежуток времени пациенту вводят наночастицы, покрытые авидином, прочно связывающимся с биотинилированными антителами. Затем исследователи измеряют уровень поглощения наночастиц эндотелиальными клетками мозга и эндотелиальными клетками периферических капилляров. Результаты эксперимента отражены на графике ниже. Уровень наночастиц, поглощенных клетками при введении одновременно с антителами, принят за 100%:



Для того, чтобы объяснить механизм этого явления, ученые провели еще один эксперимент. Они ввели лабораторному животному только антитела к белку PECAM1, после чего измеряли долю антител на плазматической мембране эндотелиальных клеток мозга и периферических тканей через различное время после введения антител. Уровень антител на мембране сразу после введения принят за единицу. Изменение содержания антител на мембране эндотелиальных клеток во времени отражено на графиках ниже:



Наиболее вероятной причиной уменьшения доли антител на плазматической мембране эндотелиальных клеток является (1 балл):

- А. Самопроизвольная диссоциация антител от антигена.
- Б. Эндоцитоз PECAM1, связанного с антителами, клеткой эндотелия.
- В. Денатурация антител после связывания с белком PECAM1.
- Г. Гибель клеток эндотелия, вызванная связыванием антитела с белком PECAM1.

Изучив работу японских исследователей студент Торопыгин сделал следующие выводы:

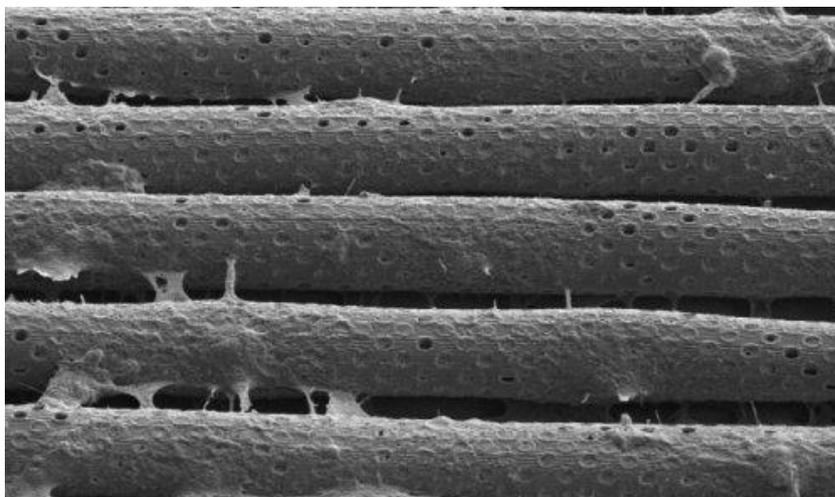
1. Белок PECAM1 присутствует исключительно на мембране эндотелиальных клеток капилляров мозга.
2. Связывание наночастиц с мембраной эндотелиальных клеток запускает их эндоцитоз.
3. Через 8 часов после начала эксперимента доля биотинилированных антител на поверхности эндотелиальных клеток мозга выше, чем в эндотелиальных клетках периферических тканей.
4. В начале эксперимента биотинилированные антитела связываются с эндотелием только в периферических тканях, лишь потом – в мозге.
5. Постоянно идущий в эндотелии эндоцитоз с ходом времени приводит к уменьшению количества биотинилированных антител на поверхности эндотелия во всех капиллярах.
6. Если пациенту ввести сразу биотинилированные антитела и покрытые авидином наночастицы, избирательного поглощения в сосудах мозга наблюдаться не будет.
7. Если пациенту ввести наночастицы, сразу покрытые антителами к PECAM1, будет наблюдаться их избирательное поглощение в сосудах мозга.
8. Если не покрывать частицы авидином, то динамика поглощения для мозга нарушится, а в периферических тканях – останется без изменений.

Проанализируйте утверждения студента Торопыгина. Какие из них являются верными, неверными или же из невозможно сделать из результатов эксперимента.

Утверждение	1	2	3	4	5	6	7	8
Верное								
Неверное								

Задание 4. *In vitro* модели гематоэнцефалического барьера. (5 баллов)

Одним из перспективных направлений исследований является моделирование биологических процессов в пробирке (*in vitro*). Научный руководитель студента Торопыгина, профессор Пробиркин, решил смоделировать гематоэнцефалический барьер *in vitro*. Для этого он обратился к своему коллеге, работающему в Центре Микрофабрикации. Там инженеры при помощи трехмерной печати изготовили аналоги микрокапилляров, полые трубочки диаметром 10 микрометров, в поверхности которых созданы "поры" диаметром около 1 микрометра, равномерно распределенные по всей поверхности искусственного капилляра. На рисунке показано изображение таких искусственных капилляров, полученное методом сканирующей электронной микроскопии.



В листе ответов опишите, каким образом профессор Пробиркин сможет, используя такие капилляры, максимально близко смоделировать ГЭБ *in vitro*?

Задание 5. Задание. Гистология нервной системы. (20 баллов).

Задание 5.1. (7 баллов). На рисунке ниже представлены фотографии трех разных структур центральной нервной системы (А-В). Определите, к каким отделам нервной системы относятся эти образцы, а также идентифицируйте их. Используйте обозначения из таблицы кодов. Коды ответов внесите в Лист Ответов.

Обратите внимание: одной структуре может соответствовать сразу несколько кодов!

Для приготовления микропрепаратов использовались только здоровые органы и ткани!

Коды:

01 – головной мозг	07 – промежуточный мозг
02 – спинной мозг	08 – мозжечок
03 – передний мозг	09 – мост
04 – средний мозг	10 – продолговатый мозг
05 – задний мозг	11 – эпифиз
06 – полушария конечного мозга	12 – гипофиз

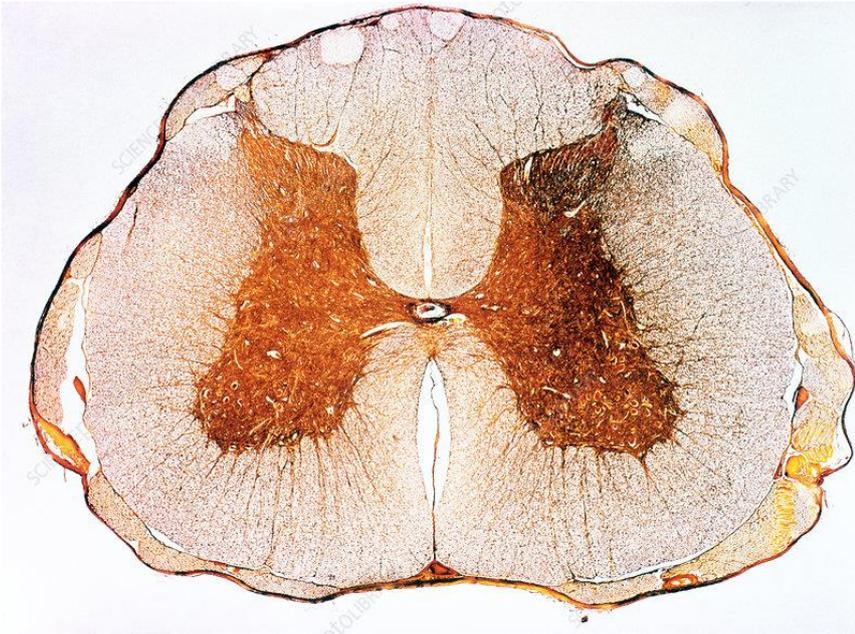
Задание 5.2. (10 баллов). Ниже приведены некоторые структуры и химические соединения нервной ткани, встречающиеся и в составе приведенных структур мозга. Отметьте в листе ответов, какие из них присутствуют в каждой из структур.

Обратите внимание: один и тот же объект может присутствовать в составе нескольких отделов! Некоторые объекты лишние.

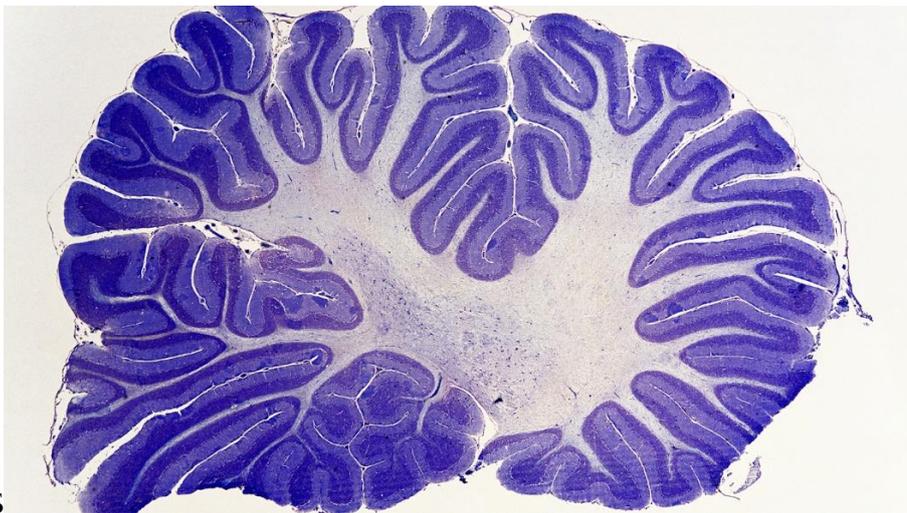
Коды:

01 – мультиполярный нейрон	07 – спинномозговой канал
02 – эндокринная клетка	08 – клетки, синтезирующие меланоцитстимулирующий гормон
03 – аденокортикотропный гормон	09 – клетки, синтезирующие вазопрессин
04 – пирамидные нейроны	10 – астроциты
05 – передние рога	11 – эндотелиальные клетки
06 – задние рога	12 – синапсы

Задание 5.3. В листе ответов напишите название любого заболевания нервной системы, связанное со структурой А (3 балла)



А



Б



В

ЛИСТ ОТВЕТОВ
на задания практического тура регионального этапа XXXVIII Всероссийской
олимпиады школьников по биологии. 2021-22 уч. год. 10 класс
АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Задание 1. Компоненты гематоэнцефалического барьера. (3 балла)

Название структуры/клетки	Номер на рисунке
Астроцит	
Перицит	
Эндотелиальная клетка	
Базальная пластинка	
Дендрит	
Аксон	

Задание 2. Проницаемость гематоэнцефалического барьера для различных метаболитов. (5 баллов)

Компонент крови	Проходит через ГЭБ в норме*	Не проходит через ГЭБ в норме
Эритроциты		
Сывороточный альбумин		
Вода		
Глюкоза		
Ионы натрия		
Имуноглобулины		
Липопротеиды		
Этанол		
Оксиндолуксусная кислота		
Витамин В ₁		
Кислород		

Задание 3. Таргетная доставка наночастиц через гематоэнцефалический барьер. (17 баллов)

Наиболее вероятная причина уменьшения доли антител (А-Г): _____

Утверждение	1	2	3	4	5	6	7	8
Верное								
Неверное								

Задание 4. *In vitro* модели гематоэнцефалического барьера. (5 баллов)

Кратко опишите, каким образом профессор Пробиркин сможет, используя такие капилляры, максимально близко смоделировать ГЭБ *in vitro*:

Задание 5. Задание. Гистология нервной системы. (20 баллов).

Задание 5.1. Коды ответов: (7 баллов)

Образец А _____

Образец Б _____

Образец В _____

Задание 5.2. (10 баллов). Структуры и химические соединения нервной системы.

Образец А _____

Образец Б _____

Образец В _____

Не присутствуют ни в одном из образцов _____

Задание 5.3. Название любого заболевания нервной системы, связанное со структурой А (3 балла)
