



РЕЧЬ и *FoxP2*

В 1990 году английские генетики описали разветвлённую семью К., у многих членов которой был странный генетический дефект. Несмотря на нормальный интеллект и нормальный слух, они испытывали трудности в каких-то тонких вещах, связанных с обучением и воспроизведением речи. В школе они обычно отставали, и их записывали в аутисты. Прошло много лет, пока поняли, что их дефект к аутизму отношения не имеет. Генетики смогли исследовать три поколения и убедиться, что дефект, судя по всему, связан с одним определённым геном.

В 2001 году этот ген идентифицировали. Им оказался ген *фактора транскрипции* под названием *FoxP2*. Название это мало о чём говорит. Факторы транскрипции – это белки, которые садятся на определённый участок ДНК и управляют работой генов. Вскоре выяснилось, что *FoxP2* не связан с аутизмом и что из 270 детей с дефектами развития речи из других семей ни у кого не было мутации в этом гене. Семейство К. оказалось уникальным.

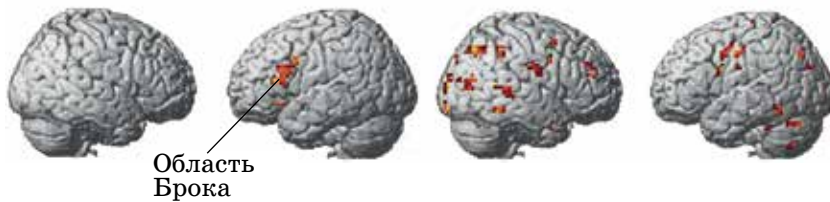
Но их дефект действительно связан с обучением речи и способностью её воспроизвести.

Когда у человека работает тот или иной участок мозга, этот участок нуждается в большом количестве кислорода и туда приливает больше крови. Белок, который переносит кислород, – гемоглобин. Он находится в красных кровяных клетках – эритроцитах. Когда гемоглобин нагружен кислородом, у него есть некоторые магнитные свойства, как и у самого кислорода.

Поэтому, если есть возможность рассмотреть магнитные свойства разных участков мозга с помощью метода функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ), можно увидеть участки, к которым в данный момент приливает больше крови. Можно задать человеку задачу и посмотреть, как изменилась эта картинка при решении задачи. Те участки, куда при решении задачи стало поступать больше крови, и есть участки мозга, занятые решением задачи.

Способность грамматически понимать речь связана у здоровых людей с областью в коре головного моз-

га под названием *область Брока*. А у членов семейства К., у которых был дефект, были задействованы многие другие участки мозга, но не область Брока.



Отделы мозга, работающие при решении языковых задач у человека без дефекта *FoxP2* (слева) и у членов семейства К. (справа). Показаны правое и левое полушария мозга. Иллюстрация из статьи Liégeois F., Baldeweg T. et al. (2003)

Белок *FoxP2* очень консервативен: его последовательность из 715 аминокислот почти одинакова у разных животных. Она полностью совпадает у макаки, гориллы и шимпанзе. Белок мыши отличается от белка шимпанзе только на одну аминокислоту. Но у человека, гены которого совпадают с генами шимпанзе на 98,8%, белок *FoxP2* отличается от белка шимпанзе на целых две аминокислоты. Причём обе замены приходятся на аминокислоты, которые одинаковы у всех животных.

Итак, ген *FoxP2*:

- 1) как-то связан со способностью обучаться речи;
- 2) отличается у человека и шимпанзе.

В начале 2000-х годов учёные предполагали, что именно способность к развитой речи помогла современным людям вытеснить неандертальцев, хотя размер мозга у неандертальцев был немного больше. Но когда научились выделять ДНК из неандертальских костей, учёных постигло разочарование: белок *FoxP2* устроен у неандертальцев в точности так же, как у современных людей. Сейчас принято считать, что неандертальцы могли говорить не хуже современных людей.

А что делает *FoxP2* у животных?

Есть такие популярные домашние певчие птички – зебровые амадины. Они замечательны вот чем: в период полового созревания их самцы начинают учиться петь. Как правило, у каждой птицы своя уникальная мелодия, которой она обучается от отца, с небольшими вариациями. Есть короткий период, в течение ко-



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ

того они способны к обучению. Затем песня фиксируется, и взрослый самец уже больше не способен к обучению и перемене песни. Так вот, *FoxP2* появляется у амадин в отделе мозга, отвечающем за обучение, только на период созревания, когда они легко обучаются. А когда обучаемость пропадает – снижается и количество *FoxP2*. Если избирательно исключить появление *FoxP2*, птички будут неполно или неточно воспроизводить мелодию.



Зебровая амадина

Другая группа животных, которой важно обучаться какой-то обработке звуковой информации, – летучие мыши. Оказывается, что *FoxP2*, очень консервативный у всех остальных, у летучих мышей очень разнообразен, причём именно в том участке белка, где находятся две замены у человека.

Многие летучие мыши ориентируются при помощи эхолокации. Они издают очень высокий ультразвук, не слышимый или почти не слышимый нам, и слышат его отражение от окружающих предметов. Благодаря этому они могут летать в темноте, ни на что не натываясь.

У некоторых летучих мышей во внутреннем ухе есть специальная акустическая ямка, обеспечивающая высокую чувствительность к ультразвуку определённой частоты.

Но при таком способе ориентации есть одна проблема. Частота звука меняется в зависимости от того, насколько быстро движется источник этого звука. Если мы стоим около железной дороги и мимо проходит и гудит локомотив, то, пока он к нам приближается, мы слышим высокий звук, а когда удаля-



Летучая мышь гималайский листонос, на ней изучалась роль *FoxP2*

ется – низкий. Это так называемый *эффект Доплера*. Он касается не только звука, но и света, хотя и совсем при других скоростях. Астрономы видят его, наблюдая движение дальних галактик. Но в случае звука этот эффект касается реальных скоростей, доступных для летучих мышей.



Эффект Доплера: частота и длина волны звука зависит от скорости источника

Чтобы ориентироваться при движении, нужно вводить специальную поправку на эффект Доплера (чтобы возвращающийся звук при эхолокации был той частоты, к которой мышь особо чувствительна). Летучие мыши умеют это делать. Чем быстрее они движутся, тем ниже звук, который они издают – так, чтобы возвращающийся звук был одинаковым.

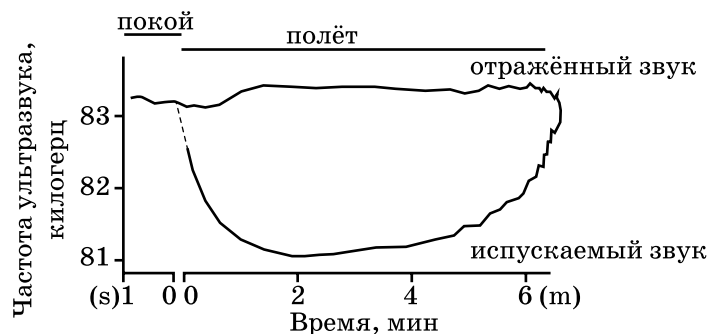


Рисунок из статьи Schnitzler H.-U., Denzinger A. (2011)

Это умение не врождённое, летучие мыши ему учатся, когда учатся летать. Так вот, и здесь оказывается необходим *FoxP2*. Если избирательно выключить появление *FoxP2*, летучая мышь теряет способность подстраивать частоту ультразвука.

Исследование *FoxP2* ещё далеко не закончено, но, судя по всему, у многих млекопитающих и птиц *FoxP2* имеет отношение к обучению обработке сложной звуковой информации, а у людей – к обучению речи.

Художник Алексей Вайнер

