

Neuroscientists discover a brain signal that indicates whether speech has been understood

Neuroscientists from Trinity College Dublin and the University of Rochester have identified a specific brain signal associated with the conversion of speech into understanding. The signal is present when the listener has understood what they have heard, but it is absent when they either did not understand, or weren't paying attention.

The uniqueness of the signal means that it could have a number of potential applications, such as tracking language development in infants, assessing brain function in unresponsive patients, or determining the early onset of dementia in older persons.

When a listener understands speech, a strong response signal is seen over the mid back part of their scalp (top row; blue and green waveforms show response at two specific recording locations). When they can't understand (because, for example, the speech is played backwards), the signal completely disappears (bottom row; red and yellow waveforms show the lack of response at the same two specific recording locations).

Нейробиологи обнаружили сигнал головного мозга, определяющий понимание речи.

Нейробиологи из Тринити-колледжа (Дублин) и Рочестерского университета обнаружили специфический сигнал головного мозга, связанный с преобразованием речи в ее понимание. Сигнал возникает, если человек понимает, что он услышал, но отсутствует, если человек не понимает или не обращает внимание на услышанное.

Уникальность сигнала создает потенциал для его практического применения, например, для наблюдения за развитием речи маленьких детей, для оценки функциональной активности головного мозга у пациентов в бессознательном состоянии, для распознавания деменции на ранней стадии у пожилых людей.

Когда человек понимает речь, сильный ответный сигнал обнаруживается в средней затылочной доле (верхний ряд; синяя и зеленая кривые показывают отклик на двух определенных участках записи). Когда человек не может понять речь (например, в случае обратного проигрывания записи речи), сигнал полностью исчезает (нижний ряд; красная и желтая кривые показывают отсутствие отклика на этих же участках записи).

During our everyday interactions, we routinely speak at rates of 120-200 words per minute. For listeners to understand speech at these rates - and to not lose track of the conversation -- their brains must comprehend the meaning of each of these words very rapidly. It is an amazing feat of the human brain that we do this so easily -- especially given that the meaning of words can vary greatly depending on the context. For example, the word bat means very different things in the following two sentences: "I saw a bat flying overhead last night"; "The baseball player hit a homerun with his favourite bat."

However, precisely how our brains compute the meaning of words in context has, until now, remained unclear. The new approach, published today in the international journal *Current Biology*, shows that our brains perform a rapid computation of the similarity in meaning that each word has to the words that have come immediately before it.

To discover this, the researchers began by exploiting state-of-the-art techniques that allow modern computers and smartphones to "understand" speech. These techniques are quite different to how humans operate. Human evolution has been such that babies come more or less hardwired to learn how to speak based on a relatively small number of speech examples. Computers on the other hand need a tremendous amount of training, but because they are fast, they can accomplish this training very quickly. Thus, one can train a computer by giving it a lot of examples (e.g., all of Wikipedia) and by asking it to recognise which pairs of words appear together a lot and which don't.

В процессе ежедневного общения мы обычно говорим со скоростью 120-200 слов в минуту. Чтобы человек понимал речь в таком темпе и не потерял нить разговора, его мозг должен воспринимать смысл каждого слова очень быстро. То, как легко нам это удается, является удивительной способностью человеческого мозга, особенно учитывая, что значение слов может меняться в зависимости от контекста. Например, слово «ключ» имеет разное значение в следующих предложениях: «Я оставил ключ в замочной скважине»; «На склоне горы расположен ключ с пресной водой».

Тем не менее, то, как человеческий мозг определяет контекстное значение слов, до сих пор оставалось неясным. Новый подход, опубликованный в международном журнале *Current Biology* (Современная биология), показывает, что наш мозг осуществляет мгновенную оценку схожести значения слова со словами, непосредственно идущими перед ним.

Чтобы это определить, исследователи использовали новейшие приемы, которые позволяют современным компьютерам и смартфонам «понимать» речь. Эти приемы существенно отличаются от тех, которыми оперирует мозг человека. В результате эволюции у маленьких детей так или иначе заложена способность к приобретению речевых навыков с опорой на относительно небольшое количество речевых примеров. Компьютерам, с другой стороны, необходимо усвоить огромный объем информации в процессе обучения, но их высокая скорость позволяет им сделать это очень быстро. Можно обучить компьютер, давая ему множество примеров (например, из всей Википедии) и ставя задачу распознать пары слов, которые появляются чаще других.

By doing this, the computer begins to "understand" that words that appear together regularly, like "cake" and "pie," must mean something similar. And, in fact, the computer ends up with a set of numerical measures capturing how similar any word is to any other.

To test if human brains actually compute the similarity between words as we listen to speech, the researchers recorded electrical brainwave signals recorded from the human scalp -- a technique known as electroencephalography or EEG -- as participants listened to a number of audiobooks. Then, by analysing their brain activity, they identified a specific brain response that reflected how similar or different a given word was from the words that preceded it in the story.

Crucially, this signal disappeared completely when the subjects either could not understand the speech (because it was too noisy), or when they were just not paying attention to it.

Thus, this signal represents an extremely sensitive measure of whether or not a person is truly understanding the speech they are hearing, and, as such, it has a number of potential important applications.

Ussher Assistant Professor in Trinity College Dublin's School of Engineering, Trinity College Institute of Neuroscience, and Trinity Centre for Bioengineering, Ed Lalor, led the research.

Таким образом, компьютер начинает «понимать», что слова, которые появляются часто вместе, например, «торт» и «пирог», должны иметь схожее значение. И, по факту, компьютер получает набор числовых показателей, по которым определяет схожесть тех или иных слов.

Чтобы узнать, оценивает ли человеческий мозг схожесть между словами в момент восприятия речи, были записаны электрические сигналы с коры головного мозга – прием, известный как электроэнцефалография или ЭЭГ, - в то время, когда участники прослушивали аудиокниги. Затем, анализируя активность головного мозга, был выявлен его специфический отклик, указывающий насколько схоже определенное слово с другими словами, которые предшествовали ему в аудиокниге.

Существенным оказалось то, что этот сигнал полностью пропадал, когда субъект не мог понять речь (потому что было слишком шумно) или не обращал на нее внимания.

Таким образом, этот сигнал становится чрезвычайно показательным при определении, действительно ли человек понимает речь, которую слышит, закладывая важный потенциал для его практического применения.

Исследование провел Эд Лейлор, младший профессор Дублинской школы инженерии Тринити-колледжа, Института нейробиологии Тринити-колледжа и Тринити-Центра по биоинженерии.

Professor Lalor said: "Potential applications include testing language development in infants, or determining the level of brain function in patients in a reduced state of consciousness. The presence or absence of the signal may also confirm if a person in a job that demands precision and speedy reactions -- such as an air traffic controller, or soldier -- has understood the instructions they have received, and it may perhaps even be useful for testing for the onset of dementia in older people based on their ability to follow a conversation."

"There is more work to be done before we fully understand the full range of computations that our brains perform when we understand speech. However, we have already begun searching for other ways that our brains might compute meaning, and how those computations differ from those performed by computers. We hope the new approach will make a real difference when applied in some of the ways we envision."

Профессор Лэйлор сообщил: «Потенциальное прикладное применение включает тестирование языкового развития у маленьких детей или определение функциональной активности головного мозга у пациентов в бессознательном состоянии. Наличие или отсутствие сигнала может стать показателем степени понимания полученных инструкций людьми, чья профессия требует точности и быстроты реакции, как, например, авиадиспетчер или военнослужащий. Также это может быть полезным для оценки способности у пожилых людей следить за ходом беседы при выявлении деменции на ранней стадии».

«Предстоит еще работа, прежде чем мы до конца поймем полный спектр вычислений, которые проводит наш мозг, когда мы воспринимаем речь. Мы уже начали поиск других методов определения того, как мозг может распознавать смысловые значения, и как этот процесс отличается от компьютерного. Мы надеемся, что новый подход сыграет большую роль при его использовании в тех направлениях, которые мы предвидим».

New neurons in the adult brain are involved in sensory learning

Date: February 22, 2018 Source: Institut Pasteur

Although we have known for several years that the adult brain can produce new neurons, many questions about the properties conferred by these adult-born neurons were left unanswered. What advantages could they offer that could not be offered by the neurons generated shortly after birth?

Scientists from the Institut Pasteur and the CNRS have demonstrated that the new neurons produced in adults react preferentially to reward-related sensory stimuli and help speed up the association between sensory information and reward. Adult-born neurons therefore play an important role in both the identification of a sensory stimulus and the positive value associated with that sensory experience. The neurons generated shortly after birth are unable to perform this function.

These findings are published in the Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) on February 19, 2018.

Although most neurons are generated during embryogenesis, some brain regions in mammals are capable of constantly regenerating their neurons in adulthood. The existence of these adult-born neurons has been proven, but many questions about their function and the way in which they integrate into their target areas remain unanswered.

Новые нейроны головного мозга взрослого человека участвуют в сенсорном обучении.

Дата: 22 февраля, 2018. Источник: Институт Пастера.

Уже несколько лет известно, что мозг взрослого человека может производить новые нейроны, но по-прежнему остается много вопросов о том, что из себя представляют нейроны, появившиеся во взрослом возрасте. Какие преимущества они могут иметь перед теми нейронами, что формируются сразу после нашего рождения?

Ученые Института Пастера и Национальный центр научных исследований (НЦНИ) Франции продемонстрировали, что новые нейроны, сформированные во взрослом возрасте, преимущественно реагируют на сенсорные стимулы и помогают ускорить связь между сенсорной информацией и вознаграждением. Эти нейроны играют важную роль в определении сенсорного стимула и позитивного подкрепления, связанного с сенсорным опытом. Нейроны, сформированные сразу после рождения, не могут выполнять такую функцию.

Эти результаты были опубликованы 19 февраля 2018 года в журнале Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) (Известия Национальной Академии Наук).

Несмотря на то, что большинство нейронов формируются во время эмбриогенеза, некоторые области головного мозга млекопитающих способны постоянно генерировать нейроны во взрослом возрасте. Существование этих нейронов было доказано, но остается много вопросов об их функциональности и о том, как они интегрируются в целевые области.

Research carried out by the Perception and Memory team (Institut Pasteur/CNRS), directed by Pierre-Marie Lledo, a CNRS Director of Research, has recently revealed the specific role of these neurons produced in the adult brain. This study demonstrates that assigning positive values to sensory experiences is closely based on the activity of adult-born neurons, and not the neurons formed shortly after birth. It is these new neurons that may enable individuals to anticipate the delivery of a reward.

The scientists focused on the production of new neurons in adult mice, in particular those neurons that integrate into the olfactory bulb, the brain region responsible for analyzing odors. These new neurons are thought to play a major role in providing flexibility for learning and memorizing olfactory sensory experiences.

The scientists from the Institut Pasteur and the CNRS observed that the new neurons were able to react differently to an odor depending on the consequences associated with that sensory experience, such as whether or not there would be a reward. They also demonstrated that olfactory learning, in which the mice had to associate an odor with positive reinforcement, became easier once the new neurons had been activated. Finally, simply activating these adult-born neurons could be assimilated with a reward-predicting odor.

Исследование, проведенное группой «Восприятие и Память» (Институт Пастера совместно с ИЦНИ), под руководством Пьера-Мари Лледо, обнаружило специфическую роль таких нейронов, генерируемых во взрослом возрасте. Исследование показало, что присвоение сенсорному опыту позитивного подкрепления тесно связано с активностью взрослых нейронов, а не тех, что образуются сразу после рождения. Именно эти новые нейроны могут вызывать у человека чувство предвкушения вознаграждения.

Деятельность ученых была направлена на формирование новых нейронов у взрослых мышей, в частности тех нейронов, которые интегрируются в обонятельной луковице, части мозга, отвечающей за распознавание запахов. Ученые считают, что новые нейроны играют важную роль в обеспечении гибкости при получении и запоминании обонятельного сенсорного опыта.

Ученые Института Пастера и ИЦНИ отметили, что реакция новых нейронов на запах различна в зависимости от того, какой результат ассоциируется с этим сенсорным опытом, например, будет ли получено вознаграждение или нет. Они также продемонстрировали, что обонятельное обучение, при котором мыши связывали запах с позитивным подкреплением, становится легче, когда активируются новые нейроны. Наконец, простая активация взрослых нейронов может быть связана с их ассимиляцией с предполагающим награду запахом.

In short, this research shows that adult-born neurons are involved in the value associated with sensory stimuli rather than just the identification of the nature of a given sensory stimulus. It demonstrates that reward-motivated learning depends largely on adult neurogenesis.

Transferred to humans, these findings could improve our understanding of the role played by new neurons in the adult hippocampus in associative learning processes.

Таким образом, исследование продемонстрировало, что взрослые нейроны в большей степени имеют непосредственное отношение к подкреплению, связанному с сенсорным стимулом, нежели к определению природы этого сенсорного стимула. Исследование показало, что обучение, мотивированное наградой, в основном зависит от взрослого нейрогенеза.

Эти результаты, применительно к человеку, помогут улучшить наше понимание роли новых нейронов в гиппокампе взрослого человека в процессе ассоциативного обучения.