

الذاكرة

Memory

نتخيل أن خبرات الماضي مسجلة مثل فيلم مصور بكاميرا، يحفظ ذكرياتنا عن طريق تخزينها على القرص الصلب لجهاز الكمبيوتر مثل الملفات التي يمكن تشغيلها مرارًا وتكرارًا. لكن في الحقيقة، تلك المتواليات المستمرة خادعة لأنها مصنوعة من أجزاء من المعلومات، ليست حتى عناصر مادية مثل خلايا المخ، وإنما تقع فيما بينها من الفجوات.

تحتوي أغلب الحيوانات على «ذاكرة صريحة» للإدراك والمهارات الحركية التي تتضمن أفعالاً انعكاسية فمثلاً في عام 1903، لاحظ عالم الفسيولوجيا الروسي وخبير الهضم إيفان بافلوف Ivan Pavlov أن الكلاب في مختبره لا يسيل لعابها عندما ترى الطعام أو تشم رائحته فقط وإنما أيضًا عندما يظهر مساعدته قبل وقت الطعام. تُسمى هذه العملية «بالإفراز النفسي» التي ألهمته في تجربته الشهيرة «الارتباط الشرطي» حيث أصبح رنين الجرس حول العشاء مشروطاً لدى الكلاب حيث ربطت بين المثيرين - الجرس والعشاء - معاً. فأصبح لعاب الكلاب يسيل عند سماعها صوت الجرس وحده مثبتاً أن الاستجابة السلوكية يمكن أن يتم تعديلها بالتعلم.

الخط الزمني

1894م	1903م	1949م
طرح رامون إي كاخال Ramón y. Cajal اللدونة المشبكية للروابط العصبية.	أظهرت كلاب بافلوف أن السلوك يمكن أن يُعدل من خلال التعلم.	اقترح هب Hebb أن التعلم يتضمن نشاطاً منسقاً من الخلايا العصبية المتصلة.

تحتوي الحيوانات ذات الجهاز العصبي المعقد على ذاكرة صريحة تستخدمها في الحقائق والأحداث التي تتطلب وعيًا إدراكيًا. أما الإنسان فيشمل جهازه العصبي نوعي الذاكرة - الصريحة والضمنية - حيث يتم تخزينها في قشرة المخ لكنها تتكونان باستخدام مناطق مختلفة، كما فسرت عن طريق حالة المريض الأمريكي هنري مولاسون الشهير بـ HM البالغ من العمر 27 عامًا الذي كان يعاني من اضطرابات في الذاكرة نتيجة الخضوع لعمليات كثيرة بسبب نوبات الصرع. في عام 1957، وصف الجراح ويليام سكوفيل William Scoville وعالمة الأعصاب بريندا ميلنر Brenda Milner تأثيرات إزالة الجزء الأوسط من الفص الصدغي وهي منطقة أعلى جذع المخ تحتوي على زوجين من البنى المنحنية تسمى الحصين hippocampus على المريض HM. وبعد خضوعه للعملية، استطاع HM أن يستدعي الأحداث من 19 شهرًا ماضيًا، لكن ليس بعد ذلك. كان HM قد سُفي من الصرع لكن أصيب بفقدان ذاكرة لاحق للإصابة بفقدان ذاكرة تقدمي anterograde amnesia وهو عدم القدرة على تكوين ذكريات جديدة.

التعلم

حتى منتصف القرن العشرين، اتجه العلماء إلى التعامل مع المخ على أنه الصندوق الأسود. ليس غريبًا أن تعتقد أن نموذج المخ الثديي يتكون من بلايين العصبونات (الخلايا العصبية) كل منها به آلاف من الوصلات العصبية التي ترتبط بالخلايا الأخرى. وبدلاً من محاولة فك هذه الأسلاك المعقدة، شمر عالم الأعصاب النمساوي الأمريكي إريك كاندل Eric Kandel عن ساعديه ودرس أرناب البحر Aplysia أحد رخويات البحر البسيطة ذات 20.000 خلية عصبية،

1986م

سبعينيات القرن العشرين

1957م

أثبت كاندل أن الذاكرة طويلة المدى تتضمن الخلايا التي تصنع البروتينات الجديدة.

بدأ كاندل دراسة رخويات البحر وكشف كيف تخزن الذاكرة الضمنية.

كشف سكوفيل وميلنر أن الحصين hippocampus يُستخدم في تكوين الذاكرة الصريحة.

فخلاياه كبيرة الحجم التي يمكن الوصول إليها تسهل من اختبار كيف يُعدل التعلم من السلوك. وبدايةً من ستينيات القرن الماضي، استخدم كاندل أقطابًا كهربائية دقيقة لتسجيل نبضات في الدائرة البسيطة لـ 30 من العصبونات (الخلايا العصبية) التي تحدد الانعكاس الدفاعي الأساسي في الرخويات البحرية، حيث تسحب الخياشيم تحت جسدها عند لمس أنبوب siphon.

مراكز التخزين

لا تُخزن خبرات الماضي في مكان محدد في مخ الإنسان، لكنها مثل الروابط بين العصبونات (الخلايا العصبية) في المناطق المناسبة. يحتاج الحصين hippocampus في الجزء الأوسط من الفص أن يكوّن بشكل أساسي ذكريات واضحة للمعلومات مثل الحقائق، بينما يحدث التخزين طويل المدى في القشرة الدماغية.



بدأ كاندل بعملية تعلم تُعرف باسم «التحسس»، تشبه حالة الخوف العادية التي تصيبك من مشاهدة فيلم رعب فتجعلك أكثر حساسية من أي نقرة عديمة الضرر على كتفك، مع ما أثبتته كاندل أن الصدمات الخفيفة لذيل أرانب البحر تجعله أكثر حساسية للمس على أنبوب siphon. وتذكر الرخويات الخبرات السيئة؛ لذلك فمدة الذاكرة تعتمد على تردد الصدمات، لكن

تسببت أربع صدمات أحادية في أن تذكرها على مدار يوم. محوًا الذاكرة قصيرة المدى إلى ذاكرة طويلة المدى ومن ثم تتضمن تكرارًا متباعدًا.

اللدونة المشبكية

في عام 1894، طرح عالم الأحياء الإسباني، والأب الروحي لعلم الأعصاب الحديث سانتياجو رامون إي كاخال Santiago Ramon y Cajal أن الروابط في الوصلات العصبية ليست ثابتة إنسا مرنة، وهو المبدأ الذي يُعرف الآن باللدونة المشبكية. وقد تم إثبات ذلك في أبحاث كاندل، لأنه استخدم نفس الدائرة العصبية لعمليات تعلم مختلفة تتضمن عملية التعود نقيضة التحسس؛ وكان واضحًا أن الخلايا لا تشفر الذاكرة إنها روابطها.

التلاعب بالذاكرة

إلى الماضي التي تصيب الجنود بسبب اضطراب ما بعد الصدمة (PTSD) post traumatic stress disorder. على الرغم من أن الذاكرة مثل ملفات الكمبيوتر منظمة في مجلدات، إلا أنها لا تحذف بضغط زر لأنها عبارة عن أجزاء صغيرة تتضمن جهاز استشعار للمعلومات يرتبط بالانفعالات المتناثرة حول المخ. لكن يأخذ الحدث لحظة كي يُدمج بالكامل في الذاكرة طويلة المدى وتسمح لنا بالتذكر لننسى؛ فمثلًا عندما نطلب من مريض اضطراب ما بعد الصدمة أن يستعيد ذكريات الصدمة الأخيرة عند إخضاعه تحت تأثير عقار مثل بروبرانولول (حاصر لمستقبلات بيتا) حيث يتداخل مع الجزئيات التي تكوّن الذكريات وتحفظها. يمكن أن يمزق ذلك الوصلات المشبكية بين أي حدث والاضطراب المرتبط به، مخفضًا بذلك التأثير العاطفي للذاكرة.

إن الذاكرة من الأشياء التي لا يعول عليها فهي طيبة ومن السهل تعديلها. في عام 1974، أثبتت عالمة النفس إليزابيث لوفتس Elizabeth Loftus أن الذكريات الخاطئة يمكن زراعتها عبر «تأثير المعلومات المضللة»، فمثلًا، عند طرح سؤال رئيسي أو تغيير تفصيلة دقيقة مثل التعويض بكلمة متعادلة مثل «ضرب» بكلمة «هرس»، أو عند استدعاء الشهود في حادث تصادم سيارة قد تشوهت، سوف يتذكرون أنهم رأوا في المشهد زجاجًا محطمًا بالرغم من عدم وجوده. لذلك يُفترض في الجرائم عدم الأخذ بشهادة الناس التي تستند فقط على أقوال شهود العيان. ويطمح العلماء الآن إلى استغلال طبيعة الذاكرة التي لا يعول عليها لتعديل الخبرات السيئة وتحسين الصحة العقلية مثل تخفيض قدرة الرجوع

تختص الحقائق والأحداث بالذاكرة الصريحة فهي أكثر تعقيداً من الذاكرة الضمنية مثل الانعكاسات وأحياناً تتضمن معلومات غير مرتبطة ببعضها ظاهرياً. إذن كيف أصبحت واحدة من العصبونات (الخلايا العصبية) مرتبطة بأخرى؟ في 1949، طرح عالم النفس الكندي دونالد هب Donald Hebb فكرة أنه إذا تم تحفيز خلية واحدة بشكل منتظم بنبضات في اتجاه الخلية المجاورة التي سترسل فيها بعد إشاراتها الخاصة، فسوف تنمو وصلات تكيفية أقوى بينهما. ببساطة، «الخلايا التي تتحفز معاً، ترتبط معاً» ويُسمى هذا التأثير الفيزيائي الآن التعزيز طويل الأمد (LTP) long-term potentiation.

وتُشبه ذاكرة الفرد عندما تتحفز خلاياها معاً بالنهر الذي يصبح مرئياً بمجرد أن تندفق المياه. ويعتبر أثره المادي (الذاكرة الوراثية - engram) بصمة تُترك في قاع النهر الجاف ويمكن تعميقها عبر التحفيز طويل المدى للخلايا العصبية. ويُصنع قاع النهر نفسه من جزئيات من البروتينات داخل العصبونات (الخلايا العصبية) وأيونات الكالسيوم التي تخلق جهداً فولطائياً عبر أغشية الخلية والناقلات العصبية مثل هرمون السيروتونين والغلوتامات والدوبامين في الفجوات المشابكية.

«إذا كانت الأشكال البدائية للتعلم شائعة في كل الحيوانات ذات الجهاز العصبي المتطور، كان لا بد من وجود سمات محفوظة في آليات التعلم في الخلية وفي المستوى الجزيئي».

إريك كاندل Eric Kandel

التخزين والاستدعاء

تحتفظ الذاكرة قصيرة المدى بالمعلومات لمدة ثوانٍ أو دقائق، أما الذاكرة طويلة المدى فتبقى لسنوات. في عام 1986، اكتشف كاندل الاختلاف الجزيئي بينها؛ فمثلاً بعد أن أعطى خلايا أرانب البحر العديد من العقاقير لتعطيل إنتاجها بروتينات جديدة، بقي التحسس قصير المدى، لكن الذاكرة طويلة المدى لم تبق. وبناء عليه فإن الذاكرة قصيرة المدى تستخدم الجزيئات

الموجودة من قبل في المشبك العصبي synapse بحيث تتطلب الذاكرة طويلة المدى تركيب بروتين جديد يتضمن اتصالاً بين المشبك العصبي ونواة الخلية بطول تفاعل السلسلة الجزيئي والجينات المنشطة للبروتينات CREB-1 و CREB-2.

يعتبر المفهوم عن كيف يتم الحفاظ على الذكريات واستدعاؤها أقل بكثير من حقيقة الأمر. واحدة من الحقائق المثيرة للاهتمام أن تلك الخبرات الحديثة تُفحص من خلال فترة إعادة التعزيز قبل أن تستقر الذاكرة طويلة المدى. في عام 2000، علّم عالم الأعصاب الكندي كريم نادر Karim Nader الفئران أن تربط الصدمات الخفيفة بصوت عالي النغمة. وبعد حقن الحيوانات بعقار يمنع تكوّن الذكريات الجديدة، فشلت في الإحجام عن سماع الضوضاء أي أن الفئران نسيت خوفها. وتعتبر لفظة «إعادة تجميع» هي الأفضل لوصف كيف يتم استرجاع الذاكرة، حيث تتصل الأجزاء الصغيرة ببعضها البعض ويعاد تجميعها كل فترة. وبعيداً عن كونها تسجيلات، يمكن أن يتم خداع الذاكرة بسهولة.

الفكرة الرئيسية

تُخزن الخبرات كنمط للوصلات العصبية