

ذكريات عن الجدة في خلايا دماغ حفيدها(*)

قد يكون لأي صورة ذهنية (مفهوم) - لشخص أو لشيء - في خبراتنا اليومية مجموعة من النورونات (العصبونات) المناسبة المخصصة له.
<R.Q. كيروكا> - <I. فرايد> - <Ch. كوخ>

باختصار

لعقود من الزمن، كان علماء الجهاز العصبي يتجادلون فيما بينهم حول كيفية حفظ الذكريات. ولا يزال هذا الجدل مستمرا حتى اليوم ومفصحا عن نفسه من خلال نظريات متنافسة تقترح إحداها أن نورونات (عصبونات) **neurons** مفردة تحتوي على ذكرياتك عن جدتك أو عن نجم سينمائي، مثلا. أما النظرية الأخرى البديلة، فتؤكد على أن كل ذكرى يتم حفظها في ملايين النورونات. وقد أثبت عدد من التجارب الحديثة التي أجريت أثناء العمل الجراحي الدماغية أن مجموعات صغيرة نسبيا من النورونات في مناطق معينة هي المعنية بتكويد **encoding** الذكريات. ولكن هذه التجمعات الصغيرة من الخلايا قد تمثل في الوقت نفسه عدة مرجعيات للشيء ذاته، مثل صورة مرئية لوجه الجدة، أو لكامل جسمها، أو حتى لمنظر أمامي أو جانبي أو لصوت نجمة هوليوودية مثل <جنيفر أنستون>.

في القصة الخيالية التالية، كان هناك جراح أعصاب روسي لامع يدعى <A. أكاخيفيتش>، ومرة زاره مريض يريد أن ينسى والدته الصعبة التي لا تُحتمل. وحرصا على تلبية رغبة مريضه، قام <أكاخيفيتش> بفتح دماغ هذا المريض واستأصل عدة آلاف من النورونات (العصبونات) **neurons** المتعلقة بصورته الذهنية عن والدته، ونورونا تلو الآخر. وعندما صحا المريض من التخدير تبين أنه قد فقد كل تصور عن والدته، وفقد جميع ذكرياته عنها، الحسنة منها والسيئة، الأمر الذي دفع <أكاخيفيتش> إلى التهليل بنجاحه وتحويل اهتمامه مباشرة إلى جهوده الرامية إلى البحث عن الخلايا المرتبطة بالذاكرة الخاصة بـ «الجدة».

وهذه القصة الخيالية، رواها عالم الجهاز العصبي الراحل <J. ليتفين> (وهو شخص حقيقي خلافا لجراح الأعصاب <أكاخيفيتش>) لحشد من الطلبة في معهد ماساتشوستس للتقانة عام 1969 من أجل توضيح فكرة مثيرة مفادها أن ما لا يزيد على 18000 نورون يمكن أن تشكل الأساس الذي تقوم عليه أي خبرة أو خاطرة أو ذكرى واعية معينة عن شخص قريب، أو أي شخص آخر، أو أي شيء قد نصادفه. ومع أن <ليتفين> لم يبرهن على فرضيته الجريئة هذه ولم يدحضها، فقد بقي العلماء، ولأكثر من أربعين سنة، في سجال حول فكرة «خلايا الجدة»، وإن كان ذلك على سبيل الدعابة في معظم الأحيان.

تعود أصول الفكرة القائلة بوجود نورونات مخزّنة للذكريات على هذا النحو التخصصي الفائق إلى < W. جيمس > الذي ابتدع في أواخر القرن التاسع عشر فكرة وجود خلايا مهيبة pontifical cells يرتبط بها وعينا. إلا أن وجود مثل هذه الخلايا يتعارض مع الفكرة السائدة في أن إدراكنا لفرد معين أو لموضوع ما يتم بوساطة نشاط تعاوني لملايين، إن لم نقل لبلالين الخلايا العصبية، الأمر الذي أطلق عليه < C. شيرينغتون > - الحائز على جائزة نوبل - تعبیر «الديمقراطية المليونية» عام 1940. وفي هذه الحالة يكون نشاط أية خلية عصبية بمفردها عديم الأهمية، في حين أن العمل التعاوني لأعداد كبيرة جدا من النورونات هو الأمر الوحيد الذي يجب أن يشد اهتمامنا.

ولا تزال آراء علماء الجهاز العصبي تتباين حول ما إذا كانت عملية حفظ مفهوم أو تصور معين لا تتطلب سوى عدد قليل نسبيا من النورونات - آلاف أو أقل من ذلك - أو أن هذه العملية تحتاج إلى مئات الملايين من النورونات التي تنتشر على امتداد الدماغ. وتقودنا المساعي المبذولة لحل هذا الخلاف، بمساعدة طفيفة من قبل هوليوود، إلى فهم جديد لأعمال الذاكرة والأفكار الواعية.

نورونات < جنيفر أنستون > (**)

وبالتعاون مع كل من < G. كريمان > [وهو عضو في كلية الطب بجامعة هارفرد حاليا] و < L. ريدي > [التي تعمل حاليا باحثة في «مركز بحوث الدماغ والمعرفة» في مدينة تولوز بفرنسا] قمنا قبل بضع سنوات بإجراء تجارب أوصلتنا إلى اكتشاف نورون في منطقة الحصين⁽¹⁾ عند أحد المرضى - والحصين هو المنطقة الدماغية المعروفة بانخراطها في العمليات المرتبطة بالذاكرة. وهذا النورون كان يستجيب بشدة لصور مختلفة للممثلة < جنيفر أنستون > ولكنه لا يستجيب لعشرات من صور الممثلين الآخرين والمشاهير والأمكنة والحيوانات. وعند مريض آخر وجدنا نورونا في الحصين يتوهج إزاء رؤيته صوراً للممثلة < هالي بيرى >، بل حتى عند رؤية اسمها على شاشة الحاسوب، ولكنه لم يستجب لأي شيء آخر. كما وجدنا نورونا آخر يتوهج بشكل نوعي حيال صور الممثلة < أوبرا وينفري > وحيال اسمها على الشاشة أو الملفوظ بصوت صادر عن الحاسوب. إضافة إلى ذلك، فقد توهج نورون آخر إزاء صور < لوك سكاي ووكر > وإزاء ظهور اسمه على شاشة الحاسوب من قبله، وهكذا.



لقد تم رصد الملاحظات السالفة الذكر بتقنية التسجيل المباشر لنشاط النورونات المفردة. أما تصوير الدماغ الوظيفي **functional brain imaging**، وهو من التقنيات الأخرى الأكثر شيوعاً، فهو قادر على تحديد النشاط في سائر أنحاء الدماغ بدقة أثناء قيام المتطوع بتأدية مهمة معينة أو كالتالي إليه. ومع أن التصوير الوظيفي يستطيع تتبع استهلاك الطاقة العام في بضعة ملايين من الخلايا، إلا أنه غير قادر على استعراف مجموعات صغيرة من النورونات، ناهيك عن الخلايا المفردة. فتسجيل النبضات الكهربائية التي ترسلها النورونات المفردة يقتضي غرس مسارٍ كهربائية ميكروية **microelectrodes** في الدماغ أدق من شعرة إنسان. وتقنية زراعة المساري الكهربائية عند البشر هي تقنية أقل شيوعاً من التصوير الوظيفي، ولا يُبرر استخدامها إلا في حالات طبية خاصة.

ومن بين هذه الحالات النادرة هي الحالة المتعلقة بمعالجة مرضى الصرع⁽²⁾ الذين تستعصي نوباتهم على المعالجة الدوائية. فهؤلاء المرضى هم الذين يمكن ترشيحهم للمعالجة الجراحية المساعدة، حيث يقوم الفريق الطبي باستقصاء البيئات السريرية التي تُحدد بدقة موقع المنطقة التي تنطلق منها هذه النوبات، أي البؤرة الصرعية **epileptic focus** التي قد يؤدي استئصالها جراحياً إلى شفاء المريض. وتقييم مثل هذه الحالات يتطلب في بداية الأمر اتخاذ إجراءات غير باضعة **noninvasive procedures**، مثل تصوير الدماغ وتدقيق النظر في البيئات السريرية وإجراء تخطيطات كهربائية دماغية⁽³⁾ **(EEG) recordings** على فروة رأس المريض لتقصي النشاط الكهربائي المرضي - وهو حشد من التفريغات الصرعية⁽⁴⁾ التي تظهر بصورة منتظمة ومتلاحقة. ولكن عندما لا يتمكن بهذه الطرق جراحو الأعصاب من تحديد موقع البؤرة الصرعية بدقة، فقد يقومون في المستشفى بغرس مسارٍ كهربائية في أعماق جمجمة المريض لرصد نشاط دماغه بصورة متواصلة لعدة أيام، ثم تحليل النوبات الصرعية التي تظهر لديه.

وفي أثناء فترة الرصد يطلب العلماء إلى المرضى أحياناً أن يتطوعوا للمشاركة في دراسات بحثية وذلك بتأدية مجموعة من المهمات الاستعرافية المتنوعة أثناء تسجيل أنشطة أدمغتهم. وفي جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس استخدمنا تقنية فريدة للتسجيل من أعماق الجمجمة باستعمال مسارٍ كهربائية مرنة مكونة من أسلاك ميكروية دقيقة؛ وهي تقنية كان قد طورها واحد منّا - <فرايد> [الذي يرأس برنامج المعالجة الجراحية للصرع في جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس] وبتعاون مع علماء آخرين من مختلف أنحاء العالم، من بينهم مجموعة <كوخ> في معهد كاليفورنيا للتقانة (Caltech) ومختبر <Q. كيروكا> في جامعة ليستر بإنجلترا. وتقدم هذه التقنية فرصة ذهبية لتسجيل نشاط النورونات المفردة بصورة مباشرة ولعدة أيام في كل مرة عند المرضى وهم في حالة اليقظة، وتوفر إمكانية دراسة توهج النورونات أثناء أداء مهمات مختلفة - أي رصد الذبذبات المتواصلة التي تحدث لدى المريض وهو ينظر إلى صور على شاشة الحاسوب المحمول أو يستدعي ذكريات ما أو يقوم بمهمات أخرى. وباكتشافنا لنورونات <جنيفر أنستون> بهذه الطريقة، نكون قد أحيينا من غير قصد جدلاً أثارته حكاية <ليثفين>.

العودة إلى خلايا الذكريات عن الجدة (***)

هل الخلايا العصبية من صنف نورون <جنيفر أنستون> هي خلايا الجدة التي أثارت جدلا طويلا؟ للإجابة عن هذا السؤال علينا أن نحدد بشكل أدق ما نعنيه بخلايا الجدة. ترى إحدى طرق التفكير المتطرفة في فرضية خلايا الجدة أن للصورة الذهنية الواحدة نورونا واحدا فقط يستجيب لها. ولكن إذا كان بوسعنا العثور على نورون مفرد واحد يتوهج حيال <جنيفر أنستون>، فإن ذلك يُرَجِّح بشدة ضرورة وجود أكثر من نورون لهذا الغرض، ذلك لأن احتمال العثور على نورون واحد - واحد فقط، من بين بلايين النورونات، هو احتمال ضئيل جدا. إضافة إلى ذلك، إذا كانت مسؤولية الصورة الذهنية لشخص <جنيفر أنستون> تقع كلها على عاتق نورون واحد فقط، ثم إذا تعرض هذا النورون للخراب أو العطب نتيجة حادث أو مرض، فإن آثار <جنيفر أنستون> ستختفي جميعها من الذاكرة، وهذا احتمال بعيد الوقوع للغاية.

هناك تعريف لخلايا الجدة أقل تطرفا؛ إنه يفترض أن ما يستجيب لأي صورة ذهنية كانت هو عدد أكبر بكثير من نورون وحيد. فهذه الفرضية معقولة لكن إثباتها صعب جدا، إن لم يكن مستحيلا، فنحن لا نستطيع اختبار جميع الصور الذهنية الممكنة لإثبات أن نورون <جنيفر أنستون> لا يتوهج إلا إزاءها وحسب. وغالبا ما يكون العكس هو الصحيح في الواقع. فكثيرا ما نجد نورونات تستجيب لأكثر من صورة ذهنية واحدة، الأمر الذي يعني أنه إذا توهج أحد النورونات حيال شخص ما في تجربة ما، فإننا لا نستطيع أن ننفي احتمال أن يكون هذا النورون قد استجاب لبعض المنبهات الأخرى التي لم نقوم بعرضها.

فمثلا، عندما قمنا في اليوم التالي لعثورنا على نورون <جنيفر أنستون>، بتكرار التجربة مستخدمين عددا أكبر من صورها، وجدنا أن هذا النورون يتوهج أيضا إزاء <L. كدرو>، زميلتها في البرنامج التلفزيوني Friends الذي أطلق شهرتهما. ووجدنا كذلك أن النورون الذي استجاب لـ <لوك سكاي ووكرك> يتوهج أيضا لـ <يودا>، وهي شخصية أخرى من الفيلم السينمائي Star Wars، وأن نورونا آخر يتوهج حيال لاعبين من لاعبي كرة السلة، وآخر غيره حيال <كيروكا>، وهو أحد كتّاب هذا المقال، وإزاء زملاء آخرين ممن تفاعلوا مع المريض في جامعة لوس أنجلوس بكاليفورنيا، وغيرهم. وعلى الرغم من ذلك، يستطيع المرء أن يجادل في أن تلك النورونات ما هي إلا خلايا الجدة التي تستجيب لصور ذهنية أوسع مثل المرأتين الشقراوين في برنامج Friends، أو شخصيتي فيلم Star Wars، أو لاعبي كرة السلة، أو العلماء الذين يجرون التجربة على المريض. وهذا التعريف الموسع يحول النقاش حول «هل ينبغي علينا اعتبار هذه النورونات بمثابة خلايا جدة» إلى شأن دلالي⁽⁵⁾.

إن النورون المفرد الذي استجاب لـ <لوك سكاي ووكرك> ولاسمة المكتوب والملفوظ

يتوهج أيضا إزاء صورة <يودا>.

لنترك مبحث الدلالات جانبا الآن ونركز، عوضا عن ذلك، في بعض الملامح الحاسمة لما يدعى نورونات <جنيفر أنستون>. أولا، لقد اكتشفنا أن كل خلية تستجيب بصورة انتقائية فعلا، وكل منها يتوهج إزاء جزء صغير من الصور المعروضة على المريض للمشاهير والسياسيين

والأقرباء والمعالج وغير ذلك. ثانياً، كل خلية تستجيب لعروض متعددة لشخص معين أو لمكان ما، بغض النظر عن الخصائص المرئية النوعية للصورة المستعملة. كما أن الطريقة التي تتوهج بها الخلية استجابة لصور مختلفة للشخص نفسه، وحتى لأسمه المكتوب أو الملفوظ، هي طريقة متشابهة حقاً، وكأن النورون بأنماط توهجه المتباينة يقول لنا: «أعرف أنها <جنيفر أنستون> ولا يهم كيف تعرضونها عليّ، في ثوب أحمر أو بصورة جانبية لوجهها أو من خلال اسمها المكتوب أو الملفوظ بصوت عالٍ.» فالنورون يبدو أنه يستجيب للصورة الذهنية، ولأي نمط من أنماط تمثيل الشيء ذاته. إذن، قد يكون من الأنسب أن نطلق على هذه النورونات مصطلح خلايا الصور الذهنية (المفاهيم) **concepts cells** عوضاً عن تعبير خلايا الجِدَّة. ويمكن لخلايا الصور الذهنية هذه أن تتوهج أحياناً إزاء أكثر من صورة ذهنية واحدة، ولكنها لا تقوم بذلك إلا إذا كانت هذه الصور الذهنية مترابطة فيما بينها ترابطاً وثيقاً.

كود للصور الذهنية (للمفاهيم) (***)

من أجل فهم الطريقة التي تصبح بها مجموعة صغيرة من الخلايا مرتبطة بمفهوم معين، كمفهوم <جنيفر أنستون> مثلاً، من المفيد أن نعرف بعض الشيء عن العمليات الدماغية المعقدة المتعلقة بالتقاط وتخزين صور لعدد لا حصر له من الأشياء والأشخاص الذين نصادفهم في العالم المحيط بنا. وتتجه المعلومات التي تتلقفها العين أولاً - عن طريق العصب البصري الذي يخرج من كرة العين - إلى القشرة البصرية الأولية **primary visual cortex** الواقعة في مؤخرة الرأس، فتتوهج النورونات هناك استجابة لجزء زهيد من العناصر المكونة لصورة ما، وكأن كلا منها يتألق كما تتألق العنصورة (البيكسل) **pixal** في صورة رقمية **digital**، أو كأنها تلك النقاط الملونة في اللوحات التنقيطية للرسم **G. سورا**.

ونورون واحد لا يكفي لمعرفة ما إذا كان أحد تفاصيل الصورة هو جزء من وجه أو من كوب شاي أو من برج إيפל، فكل خلية تشكل جزءاً من مجموعة - وهي التوليفة التي تتكوّن منها الصورة المركبة المعروضة - ولنقل مثلاً: صورة ليوم الأحد بعد الظهر في جزيرة لاغراند كات⁽⁶⁾. فإذا تغيرت الصورة على نحو طفيف، فإن بعض تفاصيلها سوف تتغير، وسوف يتغير، من ثم أيضاً، نمط توهج مجموعة النورونات ذات الصلة.

بما أن الدماغ مُجبر على معالجة المعلومات الحسية، فلا بد من أن يقوم بالتقاط أكثر من صورة واحدة، فهو ملزم بتعرف الشيء ثم دمجها في معارفه السابقة. وينتقل التنشيط النوروني الذي تثيره صورة ما من القشرة البصرية الأولية عبر سلسلة من المناطق القشرية نحو الباطحات الأقرب للجبهة. وتستجيب النورونات المفردة في هذه المناطق البصرية العليا للوجوه بكاملها وللأشياء بمجملها، لا للتفاصيل الفرعية. وإن نوروناً واحداً فقط من نورونات المستويات العليا يمكنه إخبارنا بأن الصورة هي لوجه من الوجوه، وليست لبرج إيפל. وإذا غيّرنا الصورة قليلاً أو حركناها أو غيّرنا الضوء الذي ينيرها، فإن ذلك سيغير بعض الخصائص، ولكن هذه النورونات لا تكثر كثيراً بالاختلافات الطفيفة، ولا تتغير نمط توهجها بصورة عامة - وهي سمة تدعى الثباتية الإبصارية **visual invariance**.

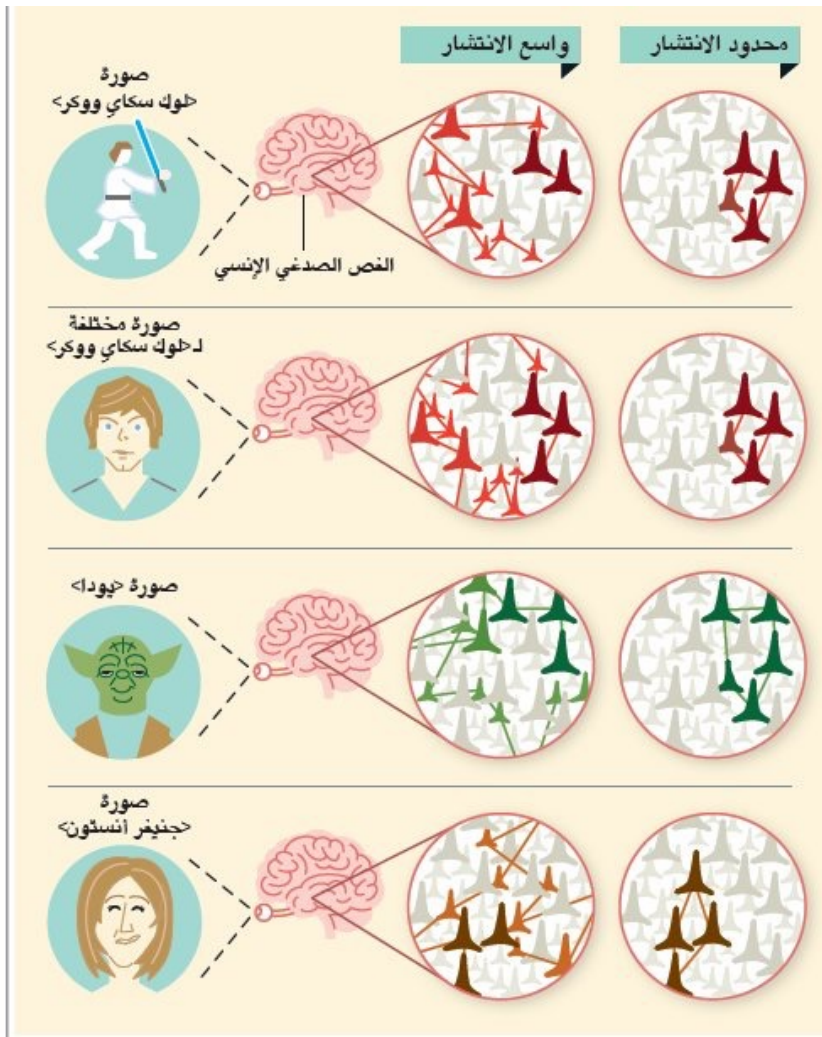
ترسل النورونات الواقعة في المستويات العليا للمناطق الإبصارية معلوماتها إلى الفص الصدغي الإنسي **the medial temporal lobe** - أي إلى الحصين والقشرة المحيطة به - وهو المكان الذي اكتشفنا فيه نورونات <جنيفر أنستون> والمعني بوظائف الذاكرة. والنورونات في الحصين تستجيب بصورة أكثر نوعية منها في القشرة الإبصارية العليا، فكل واحد منها يستجيب لشخص معين، أو بتعبير أدق، للصورة الذهنية لهذا الشخص: ليس لوجهه ولجوانب مظهره الخارجي الأخرى وحسب، وإنما للخصائص المرتبطة به، كاسمه مثلا.

لقد حاولنا في أبحاثنا أن نتحرى عدد النورونات المفردة التي يجب أن تتوهج كي يتم تمثيل صورة ذهنية ما. وكان علينا أن نتساءل عما إذا كان عددها لا يتجاوز الواحد فقط، أو أنه يبلغ العشرات أو الآلاف أو ربما الملايين. وبمعنى آخر، ما هو مقدار الانتشار الذي يتمتع به تمثيل صورة ذهنية ما؟ من الواضح أننا لا نستطيع قياس هذا الرقم بشكل مباشر، لأننا لا نستطيع تسجيل نشاط جميع النورونات في منطقة معينة. لقد توصل <S. وايدو> [طالب الدكتوراه الذي يُشرف عليه أحدنا <كوخ> في المعهد MIT] بطرق إحصائية إلى تقدير يفيد بأن صورة ذهنية معينة تحرض توهج ما لا يزيد على المليون نورون من أصل ما يقارب البليون في الفص الصدغي الإنسي. ولكن بما أننا نستعمل صوراً **pictures** لمواضيع مألوفة جدا عند مرضانا في بحوثنا، وهي صور تحرض عددا أكبر من الاستجابات، لذا ينبغي أن ننظر إلى هذا العدد نظرة متشددة ونعتبره بمثابة الحد الأقصى، فعدد الخلايا التي تمثل صورة ذهنية ما يمكن أن يكون أقل من ذلك بما يتراوح بين العشر مرات إلى المئة مرة، بل لعله أكثر قربا من العدد الذي قدره <ليتين> بـ 18000 نورون للصورة الذهنية الواحدة.

خلايا الصورة الذهنية

لتكويد الذكريات(*****)

يتجادل علماء الجهاز العصبي بحماسة حول نظريتين متنافستين تتعلقان بألية تكويد الذكريات في الدماغ، تدّعي النظرية الأولى بأن تمثيل ذكرى مفردة - مثلا صورة <لوك سكاى ووكر> - يتم تخزينه كأجزاء صغيرة مفككة تتوزع في أرجاء الملايين، أو ربما البلايين، من النورونات (العصبونات). أما النظرية الأخرى البديلة، والتي اكتسبت درجة أعلى من المصداقية العلمية في السنوات الأخيرة، فتعتبر أن عددا قليلا نسبيا من النورونات يُقدّر بالآلاف، أو ربما أقل من ذلك، يكفي لتشكيل تمثيل محدود الانتشار لصورة **image** ما. وكل واحد من تلك النورونات يباشر عمله فور ظهور صورة <لوك>، سواء من مسافة بعيدة أو قريبة. وبعض نورونات المجموعة المذكورة، وليس جميعها، تتوهج أيضا عند رؤية صورة <يودا> ذات الصلة. وتنشط زمرة مستقلة من النورونات النوعية على نحو مشابه عند إدراك <جنيفر أنستون>.



وخلافا لهذا الجدل، فإن هناك سببا وجيها يدعو إلى التفكير في أن الدماغ لا يكوّد الصور الذهنية ضمن نطاق محدود، بل داخل حشود نورونية ضخمة، وهو سبب يستمد مشروعيته من حقيقة أننا قد لا نمتلك ما يكفي من النورونات اللازمة لتمثيل جميع الصور الذهنية الممكنة بمختلف أنواعها. فهل نمتلك، مثلا، مخزنا من خلايا الدماغ له من الحجم ما يكفي لأن نتصور الجدة وهي تبتسم أو تلوح بيدها أو تشرب الشاي أو تنتظر الحافلة، أو أن نتصور أيضا ملكة إنكلترا وهي تحيي الجماهير، أو نتصور < لوك سكاى ووكر > وهو طفل في Tatooine، أو وهو يقاتل في Darth Vader، وغير ذلك؟

للإجابة عن هذه الأسئلة، ينبغي علينا أولا أن نأخذ بعين الاعتبار أن الشخص العادي لا يتذكر عادة أكثر من 10000 صورة ذهنية (أو مفهوم)، وهو عدد ليس كبيرا مقارنة ببلايين الخلايا العصبية التي يتكون منها الفص الصدغي الإنسي. إضافة إلى ذلك، هناك سبب وجيه يحثنا على التفكير في أن توكويد coding الصور الذهنية (المفاهيم) وتخزينها قد يتمّان بطريقة فعّالة جدا بطريقة الانتشار المحدود. ولا تبالي النورونات في الفص الصدغي الإنسي بتباين المرجعيات للصورة الذهنية الواحدة، فهي لا تكثر إن كان < لوك > جالسا أو واقفا، بل تهتم فقط بما إذا كان للمنبه علاقة ما بـ < لوك >. وهي تتوهج حيال الصورة الذهنية بحد ذاتها مهما كانت طريقة تقديمها. وجعل الصورة الذهنية أكثر تجريدا، أي الحث على التوهج إزاء

مرجعيات <لوك> جميعها، يقلل من حجم المعلومات التي يحتاجها النورون للقيام بعملية التكويد، ويجعله أكثر انتقائية، فيستجيب لـ <لوك> وليس لـ <جنيفر>.

تؤكد دراسات المحاكاة التي أجراها <وايدو> على وجهة النظر هذه إلى حد أبعد من ذلك. فالشبكة العصبية الحاسوبية التي برمجها <وايدو> استئناسا بنموذج تفصيلي للمعالجة الإبصارية تعلمت أن تتعرف صورا غير معنونة لطائرات وسيارات ودراجات نارية ووجوه بشرية، وذلك دون إشراف من معلم. فلم يكن يقال لها «هذه طائرة وهذه سيارة»، بل كان عليها اكتشاف ذلك بنفسها انطلاقا من الفرضية القائلة إن التنوع الهائل للصور المحتملة يُؤسس في الواقع على عدد قليل من الأشخاص أو الأشياء، وإن كلا من هؤلاء الأشخاص وهذه الأشياء يجري تمثيله من قبل مجموعة جزئية من النورونات، الأمر الذي يشبه كثيرا ما وجدناه في الفص الصدغي الإنسي. ومن خلال إدراج مبدأ التمثيل المحدود الانتشار هذا ضمن برنامج المحاكاة، اكتسبت الشبكة بالتعلم قدرة تعرف الأشخاص أنفسهم أو الأشياء نفسها، حتى عندما كان يجري عرضهم أو عرضها بطرق مختلفة لاحصر لها. ويشبه هذا الاكتشاف المشاهدات التي كنا قد رصدناها بتقنية تسجيلات الدماغ البشري.

لماذا خلايا الصور الذهنية؟(*****)

يرتبط بحثنا ارتباطا وثيقا بالشأن المتعلق بكيف يفسر الدماغ العالم الخارجي ويطرح المدركات إلى ذكريات. لنتمعن الآن في الحالة الشهيرة للمريض <H.M.> عام 1953 الذي كان يعاني صرعا معنّدا(7). فسعيا إلى إيقاف نوباته؛ ومن أجل ذلك، لجأ جراح أعصاب إلى طريقة يائسة، فاستأصل الحصين مع المناطق الملاصقة له في جهتي الدماغ. وبعد العملية الجراحية ظل <H.M.> قادرا على تعرف الأشخاص والأشياء وعلى تذكر أحداث عايشها قبل العملية الجراحية. بيد أن النتيجة التي لم تكن متوقعة هي أن يفقد المريض قدرته على إنتاج ذكريات جديدة طويلة الأمد. فبعد أن فقد الحصين، بات كل ما يعايشه محكوما بأن يطويه النسيان سريعا. وتدور أحداث الفيلم <مومنتو> الذي أُنتج عام 2000 حول شخصية تعاني حالة عصبية مماثلة.

وتدل حالة <H.M.> على أن الحصين، والفص الصدغي الإنسي بشكل عام، ليسا ضروريين للإدراك لكنهما أساسيان لتحويل الذكريات القصيرة الأمد (الأشياء التي نتذكرها بعد حدوثها في الماضي القريب خلال مدة زمنية قصيرة) إلى ذكريات طويلة الأمد (الأشياء التي نتذكرها بعد مرور ساعات أو أيام أو سنوات على وقوعها). وتماشيا مع هذا الدليل نرى أن لخلايا الصور الذهنية الموجودة في هذه الباطحات دورا حاسما في ترجمة ما يدور في وعينا، مهما كانت طبيعة ما يتم تحريضه من قبل المدخلات الحسية أو الاستذكار الداخلي، إلى ذكريات طويلة الأمد يجري لاحقا حفظها في باحات أخرى من القشرة الدماغية. ونعتقد أن نورون <جنيفر أنستون> الذي اكتشفناه لم يكن ضروريا لكي يتعرف المريض الممثلة أو حتى يتذكر من هي هذه الممثلة، بل كان ضروريا لأنه يقوم بدور حاسم في عملية نقل <أنستون> إلى مستوى الوعي لتشكيل روابط جديدة وذكريات متعلقة بها، كتذكر رؤية صورتها فيما بعد، مثلا.

لعل أدمغتنا تستفيد من استعمال عدد صغير من خلايا الصور الذهنية لتمثيل مرجعيات متعددة للشئ ذاته كصورة ذهنية وحيدة - كتمثيل محدود الانتشار وغير متغير. وطريقة عمل خلايا الصور الذهنية قد قطعت شوطا طويلا على الطريق المفضية إلى توضيح الكيفية التي نتذكر بها: فنحن نتذكر <جنيفر أنستون> و <لوك> في مظاهرها الإجمالية، ولا نتذكر كل مسامٍ من مسامات وجهيهما. ونحن لسنا بحاجة إلى أن نتذكر كل تفصيل من تفاصيل ما يمكن أن يحدث لنا، ولا نريد ذلك.

المهم هو أن نمسك بجوهر الأوضاع الخاصة التي تتضمن أشخاصا أو صورا ذهنية تهمننا، عوضا عن أن نغرق في سيل من تفاصيل الذكريات العديمة الأهمية. فإذا صادفنا مثلا شخصا ما نعرفه في مقهى، فمن الأجدر بنا أن نتذكر بعض الأحداث البارزة عن هذا اللقاء عوضا عن استذكار ما كان يرتديه هذا الشخص أو ما قاله من كلمات، وعوضا عن استذكار مظهر الآخرين من الغرباء الذين يستمتعون بلحظات من الاسترخاء في المقهى. فخلايا الصور الذهنية تنزع إلى التوهج حيال الأشياء المهمة شخصا، فنحن نتذكر عادة الأحداث المتعلقة بأشخاص عرفناهم وبأشياء ألفناها، ولا نستثمر في إنتاج ذكريات تتصل بأشياء ليست لها أهمية تذكر بالنسبة إلينا.

إن الذكريات هي أكثر بكثير من صور ذهنية مفردة منعزلة. فذكرى ما عن <جنيفر أنستون> تنطوي على سلسلة من الأحداث التي تشارك فيها <جنيفر> نفسها، أو من خلال الدور الذي تؤديه في البرنامج التلفزيوني Friends، إن كان لهذا الدور صلة ما بهذه الذكرى. فالتذكر الكامل لذكرى واقعية memory episode واحدة يستلزم وجود روابط بين عدد من الصور الذهنية التي تجمعها قواسم مشتركة، وإن كانت متباينة؛ فالمثلة <جنيفر أنستون> ترتبط بالصورة الذهنية الدالة على جلوسك على أريكة وأنت تغرف الأيس كريم⁽⁸⁾ بالملعقة وتشاهد البرنامج التلفزيوني Friends.

إذا كانت هناك صورتان ذهنيان تتعلق إحداها بالأخرى، فإن بعض النورونات التي تكوّن إحداها يمكن أن تتوهج إزاء الأخرى أيضا. فهذه الفرضية تمدنا بتفسير فيزيولوجي للكيفية التي يكوّد بها الدماغ تداعيات الصور الذهنية. وميل الخلايا إلى التوهج حيال الصور الذهنية ذات القواسم المشتركة يمكن أن يكون، بالفعل، الأساس الذي تقوم عليه عملية إنتاج الذكريات العرضية⁽⁹⁾ episodic memories (كتلك المتوالية الخاصة من الأحداث التي تجري خلال لقاء في المقهى، مثلا)، أو يقوم عليه سريان الوعي متحركا بعفوية من صورة ذهنية إلى أخرى. فعندما نشاهد <جنيفر أنستون>، فإن إدراكنا لها يثير لدينا ذكرى التلفاز والأريكة والأيس كريم - وهي صور ذهنية ذات صلة بها وتنضوي تحت ذكرى مشاهدة حلقة من البرنامج التلفزيوني Friends. وثمة عملية مشابهة يمكن أن تكون أيضا روابط بين جوانب متعددة للصورة الذهنية الواحدة مختزنة في باحات مختلفة من القشرة الدماغية، حيث يتم الجمع بين الرائحة والهيئة واللون والبنية الخاصة بإحدى الورود، مثلا - أو بين مظهر <جنيفر> الخارجي وصوتها.

وبالنظر إلى المزايا الواضحة لحفظ الذكريات العالية المستوى كصور ذهنية مجردة، يمكننا أن نتساءل أيضا لماذا يجب أن يكون تمثيل هذه الصور الذهنية تمثيلا محدود الانتشار في الفص

الصدغي الإنسي. وإحدى الإجابات عن هذا التساؤل يمكن استخلاصها من دراسات النمذجة التي أظهرت بشكل ثابت أن التمثيلات المحدودة الانتشار هي أمر ضروري لتوليد التدايعات السريعة.

لا شك في أن التفاصيل التقنية في هذا الصدد معقدة، غير أن الفكرة العامة بسيطة للغاية. لنتخيل الآن معا عملية تمثيل واسعة الانتشار - كمقابل للتمثيل المحدود الانتشار - للشخص الذي نصادفه في المقهى، حيث تتم هذه العملية عن طريق نورونات تقوم بتكويد سمة من سمات هذا الشخص خلال دقيقة واحدة. لنتخيل أيضا عملية تمثيل أخرى واسعة الانتشار للمقهى ذاته. وعقد صلة وصل بين الشخص والمقهى يتطلب تكوين روابط بين التفاصيل المختلفة التي تمثل كلتا الصورتين الذهنتين، ولكن من دون خلط هذه التفاصيل بعضها ببعض، ذلك لأن المقهى هو أشبه ما يكون بمكتبة مريحة، وصديقنا يشبه شخصا آخر نعرفه.

إن إنشاء مثل هذه الروابط ضمن شبكات واسعة الانتشار هو أمر بطيء جدا ويؤدي إلى خلط الذكريات. أما تأسيسها ضمن شبكات محدودة الانتشار، فهو بخلاف ذلك، عملية سريعة ويسيرة، حيث لا يتطلب الأمر هنا سوى تكوين بعض الروابط بين مجموعتي الخلايا التي تمثل كل منها صورة ذهنية واحدة، وذلك من خلال حث عدد قليل من النورونات على التوهج حيال كلتا الصورتين. وهناك ميزة أخرى للتمثيل المحدود الانتشار، وهي قدرته على إضافة شيء جديد من دون أن يحدث تغيرا عميقا في سائر العناصر البنيوية للشبكة. أما الشبكات الواسعة الانتشار، فيصعب تحقيق هذا الفصل ضمنها، إذ إن إضافة صورة ذهنية جديدة إليها تسبب تغيرا في خطوط الشبكة جميعها.

وتقوم خلايا الصورة الذهنية بربط الإدراك بالذاكرة، وذلك من خلال ما تمنحه من تمثيل مجرد ومحدود الانتشار للمعرفة الدلالية، أي لما يتعلق بالأشخاص والأمكنة والأشياء وجميع الصور الذهنية المهمة التي تشكل عوالمنا الشخصية. إنها تشكل وحدات البناء لذكريات الوقائع والأحداث في حياتنا. فمخطط التكويد الأنيق الذي تستخدمه يسمح لعقولنا بتجاهل عدد لا حصر له من التفاصيل غير المهمة واستخلاص معانٍ يمكن أن تستعمل لتكوين تدايعات وذكريات جديدة. إنها تكوّد ما هو جوهرى من خبراتنا الحياتية لحفظه في الذاكرة.

إن خلايا الصور الذهنية لا تشبه تماما خلايا الجدة التي تصوّرُها <ليتفين>، إلا أنها قد تشكل أساسا فيزيائيا مهماً للقدرات البشرية المعرفية؛ أي إنها تشكل المكونات المادية الصلبة للأفكار والذاكرة.

المؤلفون

Rodrigo Quian Quiroga

<كيروكا> ولد في الأرجنتين وهو أستاذ ورئيس الفريق البحثي للهندسة البيولوجية بجامعة ليستر في إنكلترا، ومؤلف الكتاب الذي ظهر حديثا بعنوان «بوركرز والذاكرة: مواجهات مع الدماغ البشري»⁽¹⁰⁾ (MIT Press، 2012).



Itzhak Fried

<فرايد> أستاذ الجراحة العصبية ومدير «برنامج المعالجة الجراحية للصرع» في جامعة لوس أنجلوس بكاليفورنيا وفي كلية ديفيد كريفين للطب، وهو أيضا أستاذ في مركز سوراسكي الطبي بجامعة تل أبيب.



Christof Koch

<كوخ> أستاذ البيولوجيا المعرفية والسلوكية في مركز كاليفورنيا للتقانة (caltech) والمسؤول العلمي الرئيس بمعهد آلن لعلوم الدماغ في سياتل.



مراجع للاستزادة

Sparse but Not “Grandmother-Cell” Coding in the Medial Temporal Lobe. R. Quian Quiroga, G. Kreiman, C. Koch and I. Fried in Trends in Cognitive Sciences, Vol. 12, No. 3, pages 87–91; March 2008

Percepts to Recollections: Insights from Single Neuron Recordings in the Human Brain. Nanthia Suthana and Itzhak Fried in Trends in Cognitive Sciences, Vol. 16, No. 8, pages 427–436; July 16, 2012

Concept Cells: The Building Blocks of Declarative Memory Functions. Rodrigo Quian Quiroga in Nature Reviews Neuroscience, Vol. 13, pages 587–597; August 2012

BRAIN CELLS FOR GRANDMOTHER (*)

JENNIFER ANISTON NEURONS ()**

Grandmother Cells Revisited (*)**

A Code for Concepts (**)**

To Code a Memory (***)**

?Why Concept Cells (***)**

hippocampus (1)

epilepsy (2)

Borges and Memory: Encounters with the Human Brain (3)

Electroencephalography (4)

epilptic discharges (5)

يتعلق بالمعنى، وخاصة في اللغة. = semantic (6)

A Sunday Afternoon on the Island of La Grande Jatte (7)

intractable epilepsy (8)

بوظة الحليب. (9)

(10) أو: ذكريات نوائبية. (التحرير)