



## مِمَّ تتكوّن الأدمغة المختلفة؟

**Kleber Neves<sup>1\*</sup>, Felipe daCunha<sup>1</sup> and Suzana Herculano-Houzel<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>برنامج الدراسات العليا في العلوم المورفولوجية، معهد العلوم الطبية الحيوية، الجامعة الاتحادية لريو دي جانيرو، ريو دي جانيرو، البرازيل  
<sup>2</sup>قسم علم النفس وقسم العلوم البيولوجية، جامعة فاندربيلت، ناشفيل، تينيسي، الولايات المتحدة الأمريكية

### المراجعون الصغار

RIVERSIDE  
ELEMENTARY  
SCHOOL



العمر: 9-10

الدماغ هو العضو الأكثر تعقيدًا في الكائنات الحية. فهو المتحكم الرئيسي في الوظائف الحيوية في الجسم؛ مثل الحفاظ على المعدل الطبيعي لنبضات قلبك وتنفسك بانتظام. فأتساءل جالوسك الآن تقرأ هذا المقال وتحرك عينيك بين السطور، وتحول الحبر إلى كلمات ذات مغزى، وترتبط هذه الكلمات بمفاهيم في ذاكرتك وتضيف إليها مفاهيم جديدة تتوصل إليها أثناء التعلّم، هل سألت نفسك عن المتحكم الرئيسي في كل هذا؟ إنه الدماغ! ذلك العضو الذي اتخذ قرار قراءة هذا المقال في المقام الأول. ولا شك أن أدمغة الحيوانات تختلف اختلافًا كبيرًا عن بعضها البعض. فهناك أدمغة كبيرة وأخرى صغيرة، وأدمغة ملساء وأخرى متجعدة، وأدمغة بها أجزاء أكبر من أخرى. ولكن، كيف تكوّنت هذه الأدمغة؟ وكيف أصبحت مختلفة عن بعضها بعضًا، وما أهمية هذا الاختلاف؟

### تاريخ التطور المشترك بين الحيوانات

البشر ليسوا هم الكائنات الوحيدة التي مُنحت نعمة الدماغ. فجميع الحيوانات تقريبًا لديها جهاز عصبي من نوعٍ ما (باستثناء الإسفنج). وهناك أوجه اختلاف بين أدمغة

الحيوانات المختلفة، لكن أوجه التشابه بينها أكثر بكثير. ويرجع هذا إلى التاريخ المشترك الذي يجمع بين كل أشكال الحياة على هذا الكوكب: فجميع الحيوانات تنحدر من أسلاف مشتركة، وقد أورثهم هذا بعض السمات من هؤلاء الأسلاف.

هذا أشبه بأخ وأخت متشابهين لأن لهما نفس الوالدين، وأبناء العم أو الخال الذين لديهم نفس الأجداد، وأبناء العم أو الخال من الدرجة الثانية الذين يتشاركون نفس الحدود الأكبر، وما إلى ذلك. وتتشارك جميع الكائنات الحية في جد أكبر لجد أكبر لجد أكبر في الماضي البعيد.

ويمكننا الاستعانة بأوجه التشابه والاختلاف بين الحيوانات لتقسيم الحيوانات إلى مجموعات. فلنقل إن لدينا طائرين - نسر وبيغاء مثلاً - ستكون القواسم المشتركة بينهما أكثر منها بين النسر والقرد. فهما الاثنان ينحدران من عائلة واحدة. وفي عائلة من البشر، يشبه هذا قولنا إن الأخ يشبه أخته أكثر من ابن عمه. فالأخ والأخت لهما نفس الوالدين، ولكنهما لا يتشاركان مع ابن عمهما إلا في نفس الأجداد، وهذه علاقة أبعد. ومع ذلك، فجميع الثدييات يكسوها الفراء وتنتج الحليب لإرضاع صغارها. وكل الطيور يكسوها الريش وتضع البيض. وتتجلى أوجه التشابه بين الأقارب في أدمغتهم أيضاً.

ولكل نوع عاداته المختلفة؛ فالقردة تقفز من غصن إلى غصن حتى تجد بعض الفاكهة لتأكلها، والخفافيش تطير في ظلام الليل بين الأشجار، والحيتان تسبح في المحيط المفتوح. ولأن أدمغة هذه الحيوانات تساعدنا على القيام بجميع هذه المهام، فقد يدفعنا هذا إلى تخمين أن أدمغتها ستكون مختلفة تمامًا. ولكن اتضح أن أجزاء الدماغ الرئيسية والوصلات داخل الدماغ متماثلة إلى حد كبير في جميع الثدييات. والسبب في هذا التشابه في بنية الدماغ هو تاريخ التطور الذي تشترك فيه جميع هذه الأدمغة.

فإذا وضعنا أدمغة الثدييات المختلفة بجانب بعضها بعضًا، سيكون من السهل علينا اكتشاف أوجه التشابه. حيث تتألف الأدمغة من الأجزاء نفسها، على الرغم من أنها تتفاوت (تفاوتًا كبيرًا) من حيث الحجم والثنيا (التلافيف الدماغية). وجميع هذه الأدمغة لها قشرة دماغية ومخيخ وجذع دماغ (انظر الشكل 1B). وتتشكل جميع الأدمغة من أنواع الخلايا نفسها؛ فهي تتكون من خلايا عصبية وخلايا دبقية وخلايا تصنع الشعيرات الدموية (الأوعية الدموية الصغيرة) التي تنقل الدم إلى الدماغ (الشكل 1A). وتنقل الخلايا العصبية المعلومات للخلايا العصبية الأخرى من خلال تغصناتها عبر الوصلات التي تسمى المشابك العصبية. وتنقسم الخلايا الدبقية إلى ثلاثة أنواع. الخلايا الدبقية الصغيرة وهي الجهاز المناعي في الدماغ. والخلايا الدبقية قليلة التغصن التي تحيط بالخلايا العصبية وتساعد في زيادة سرعة انتقال المعلومات من خلية عصبية إلى أخرى.

أما النوع الثالث فهو الخلايا النجمية، والتي تؤدي العديد من المهام، فهي تحافظ على النظام في كل شيء؛ بدءًا من مساعدة الخلايا العصبية على تكوين المشابك العصبية، ووصولًا إلى تزويدها بالعناصر الغذائية.

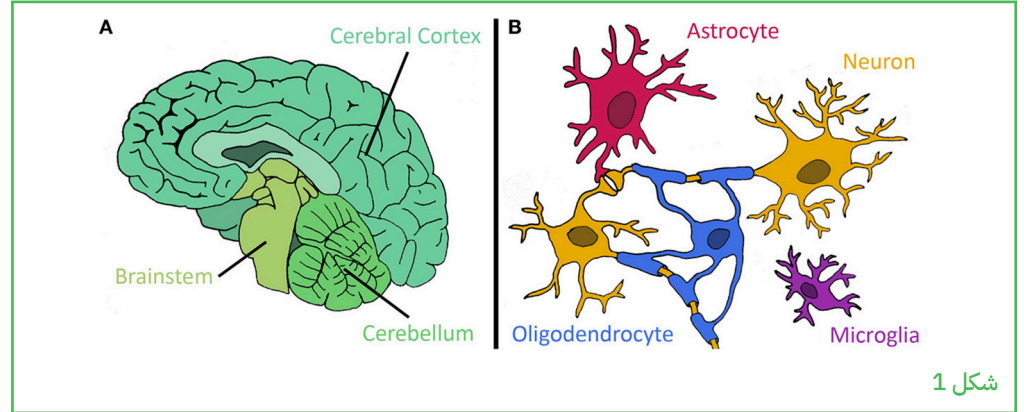
## شكل 1

**A.** جميع الأدمغة لها جانبان متصلان، يسميان نصفي الكرة الدماغيين الأيمن والأيسر. ويوضح الشكل الجزء الداخلي من نصف الكرة الدماغية الأيمن للدماغ البشري. والأجزاء الرئيسية الملونة هي القشرة المخية والمخيخ وجذع الدماغ. القشرة المخية، أو "الجزء المسؤول عن التفكير"، هي الموضع الذي ينطلق منه الكلام والتخطيط والعواطف وحل المشكلات. وقد تكون القشرة المخية ملساء أو مليئة بالثنيات حسب النوع (مثل دماغنا العروض في الشكل).

أما المخيخ، فهو يشبه دماغًا صغيرًا وبه ثنيات أيضًا. وهو المسؤول عن مهام مثل الحفاظ على الوضعية السليمة والتوازن والقيام بحركات معقدة ودقيقة، وعن التفكير والتعامل مع المشاعر أيضًا. وجذع الدماغ هو المنطقة التي تربط الدماغ كله بالجسم، من خلال عدة أعصاب والحبل الشوكي، ويتحكم في الحركات التلقائية الحيوية مثل التنفس والهضم ومعدل ضربات القلب وضغط الدم. **B.** الخلايا العصبية (باللون الذهبي)؛ وهي تستقبل المعلومات وتعالجها وترسلها إلى الخلايا العصبية الأخرى. المحاور العصبية (هي

"الكابلات" الممتدة من خلية عصبية إلى أخرى)، وتُغلف بخلايا دبقية قليلة التغصن (باللون الأزرق)، تكوّن غلافًا يشبه إلى حد كبير المطاط حول الأسلاك الكهربائية، ويعزل المحاور العصبية ويساعد على توصيل الإشارات من خلية عصبية إلى أخرى بسرعة أكبر. الخلايا النجمية (باللون الأحمر) وهي تؤدي العديد من الوظائف. فقد اعتقد العلماء - في بداية المطاف - أن كل ما تفعله الخلايا النجمية هو ملء الفراغ بين الخلايا العصبية وفصلها عن بعضها بعضًا ومنحها مظهرًا خارجيًا

(يتبع)



شكل 1

## هل هناك قاعدة واحدة سارية في تكوين الأدمغة؟

يتكون الدماغ من أجزاء متطابقة، ولكن هذا لا يعني أن الأدمغة ذات الحجم الواحد تتكون من الكميات نفسها من الخلايا باختلاف أنواعها. كما أنه ليس صحيحًا دائمًا أن الدماغ الأكبر حجمًا يحوي عددًا أكبر من الخلايا مقارنة بالدماغ الأصغر حجمًا.

ويمكننا أن نضرب مثالًا يساعدنا على التفكير في هذا. تخيل أن معك دماغين لهما الوزن نفسه ولكنهما لنوعين مختلفين. هذا ما نلاحظه في الشكل 2: دماغ نسناس الريسوس ودماغ خنزير الماء (خنزير الماء هو أكبر قارض على قيد الحياة، وهو يشبه خنزير غينيا عملاق). حيث يبلغ وزن كلا الدماغين حوالي 80 جرامًا. قد تخمّن أن كلا الدماغين بهما العدد نفسه من الخلايا العصبية، وقد يشارك العديد من العلماء في هذا التخمين. فحتى ما يقرب من 10 سنوات مضت، توقع معظم الباحثين أن الأدمغة المتطابقة في الحجم بها العدد نفسه من الخلايا العصبية. ولقد اعتقدوا أن هناك "وصفة" واحدة في الطبيعة لتكوين الأدمغة، وأن جميع الأدمغة مُكونة بنفس الطريقة. ويعني هذا أيضًا أنه كلما زاد حجم الدماغ، زاد عدد الخلايا العصبية فيه.

ولكننا نعرف الآن أن لا شيء من هذا صحيح. ففي عام 2005، طورت واحدة منا (سوازانا) أسلوبًا جديدًا يتيح لنا حساب عدد الخلايا العصبية التي يتكون منها الدماغ [1]. وفي هذا الأسلوب، يُذاب الدماغ في حساء (المربع 1)، من خلال إحضار دماغ شخص ميت حديثًا مُعالج بمادة كيميائية تسمى البارافورمالدهيد لجعل الخلايا أكثر صلابة (إذا لم يُعالج الدماغ بالبارافورمالدهيد، فقد يتلف بمجرد أن تلمسه). وإذا لم تستخدم أسلوب الحساء، وأخذت قطعة من الدماغ وأحصيت عدد الخلايا الموجودة بها، فقد يصادف أن تحصى الخلايا في موضع من الدماغ ملئًا بالخلايا العصبية وتعتقد حينها أن الدماغ بأكمله به الكثير من الخلايا العصبية. ولكن عدد الخلايا ليس متساويًا في جميع أجزاء الدماغ؛ فبعض أجزاء الدماغ بها عدد أكبر من الخلايا، والبعض به أجزاء أقل. ولهذا السبب نعدّ حساء الدماغ: لأن جميع قطرات "الحساء" في هذه الحالة ستحتوي على العدد نفسه من الخلايا تقريبًا بمجرد تقليب الحساء جيدًا. وعلاوة على ذلك، فإننا إذا نظرنا تحت المجهر وأحصينا الخلايا الموجودة في كمية قليلة من "الحساء"

## الشكل 1 يُتبع

يشبه "العمود الفقري". ولكننا الآن نعرف أن الدور الذي تؤديه الخلايا النجمية أكبر من ذلك؛ فهي تغذي الخلايا العصبية، وتتحكم في تكوين الاتصالات بين الخلايا العصبية (المشابك العصبية) وكيفية عملها، وتتحكم في تركيز العديد من المواد في الفراغ خارج الخلايا، وتعالج الإصابات. وأخيرًا، الخلية الدبقية الصغيرة (باللون الأرجواني)، وهي مسؤولة عن الكشف عن الخلايا والجزيئات الغريبة التي لا تنتمي للدماغ وتدميرها، وحماية الدماغ، مثلما يحمي الجهاز المناعي بقية الجسم.

القوارض  
(RODENT)

مجموعة من الثدييات الصغيرة، معروفة بأسنانها الأمامية الكبيرة. الفئران والجذران من القوارض.

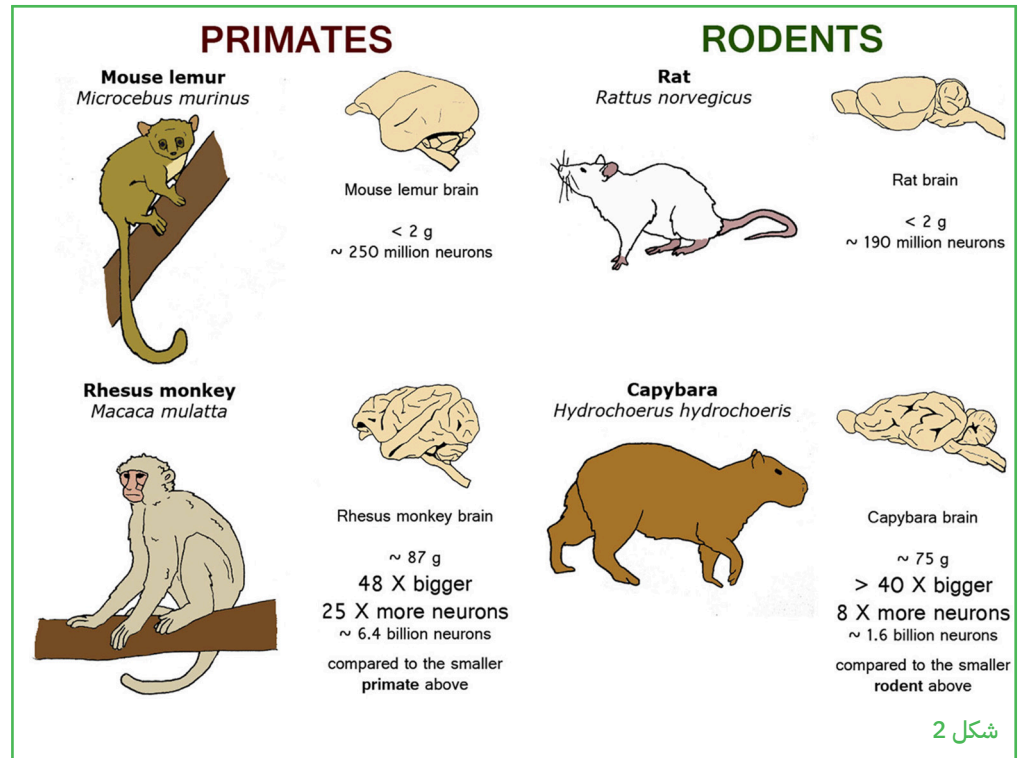
فسنكوّن فكرة جيدة حول عدد الخلايا التي يحتوي عليها الدماغ كله؛ وذلك لأن هذا الحساء يحتوي على كل خلية من الخلايا التي كوّنّت الجزء الأصلي من الدماغ، أو ربما الدماغ كله (إذا لم تفصل بين أجزائه أولاً).

دعونا نمسك أدمغة وهمية مرة أخرى بين أيدينا، على أن تكون هذه المرة لاثنين من الرئيسيات، بحيث يبلغ حجم الدماغ الأول ضعف حجم الآخر. والسؤال هنا: كم عدد الخلايا العصبية في الدماغ الأكبر؟ حسنًا، ستكون الإجابة في هذه الحالة تقريبًا ضعف عدد الخلايا العصبية في الدماغ الأصغر. إذن، إذا كانت جميع الأدمغة مُكوّنة بالطريقة نفسها، بالوصفات الموحدة نفسها، فسوف نرى هذا الشيء نفسه في القوارض. لذا، إذا أخذنا دماغ اثنين من القوارض، أحدهما ضعف حجم الآخر، فإننا نتوقع أن يحتوي الدماغ الأكبر على ضعف عدد الخلايا العصبية التي يحتوي عليها الدماغ الأصغر.

ولكن إذا طبقت هذا الأمر على الأدمغة الفعلية، فستلاحظ أن دماغ القارض الأكبر يحتوي على عدد أقل من المتوقع من الخلايا العصبية؛ أي أقل من ضعف الخلايا العصبية الموجودة في دماغ أصغر منه بمرتين. ويشير هذا إلى اختلاف قواعد تكوين الأدمغة لدى القوارض والرئيسيات. والأهم من ذلك، إذا كنت ستقارن دماغًا كبيرًا إلى حد ما لأحد الرئيسيات (مثل دماغ القرد) بدماغ كبير إلى حد ما لأحد القوارض (مثل دماغ خنزير الماء)، فستكتشف أن دماغ القرد يحتوي على عدد أكبر من الخلايا العصبية مقارنة بالقارض.

## شكل 2

للطبيعة طرق مختلفة تتبناها في إضافة الخلايا العصبية لأدمغة الرئيسيات والقوارض حيث يتغير حجمها من نوع إلى آخر. ويعني هذا أن دماغ القارض لا يكتسب المزيد من الخلايا العصبية عندما يزداد حجمه. وعلى النقيض من ذلك، عندما يزداد حجم الرئيسيات، يزداد عدد الخلايا العصبية بها أو يقل بما يتناسب مع حجم الدماغ.



شكل 2

## الرئيسيات (PRIMATE)

مجموعة من الحيوانات تتكون من البشر وجميع القرود والنسانيس، من قروود الليمور الصغيرة إلى أكبرها، أي الغوريلا.

وتدل العلاقات المختلفة بين حجم الدماغ وعدد الخلايا العصبية على اختلاف الصفات أو "القواعد" السارية عند تكوين هذه الأدمغة في الطبيعة. فتتص قاعدة **الرئيسيات** على أنه "إذا كان لديك 10 أمثال عدد الخلايا العصبية، فلا بد أنك تمتلك دماغًا أكبر بـ 10 مرات". في حين تنص قاعدة القوارض على أنه "إذا كان لديك 10 أمثال عدد الخلايا العصبية، فلا بد أنك تمتلك دماغًا أكبر بحوالي 45 مرة". وتشير القواعد المختلفة إلى نمو أدمغة القوارض أسرع من أدمغة الرئيسيات عند اكتسابها للخلايا العصبية. ومن ثمّ، دون معرفة القواعد المختلفة، قد تخمّن أن دماغ الرئيسيات يحتوي على عدد أقل من الخلايا العصبية مما لديه بالفعل. ولكن الحقيقة أن أدمغة الرئيسيات تحتوي على الكثير من الخلايا العصبية مقارنة بأدمغة القوارض من نفس الحجم. وللإطلاع على هذا المبدأ بأرقام حقيقية لأدمغة حقيقية، يمكنك الاطلاع على الأمثلة الموضحة في الشكل 2.

### المربع 1. | كيفية إعداد حساء الدماغ.

ها هي الفكرة: نأخذ دماغًا وتلف كل شيء لإعداد الحساء، ما عدا نوى الخلايا التي يتكون منها الدماغ. تحتوي كل خلية دماغية على نواة واحدة فقط، وبالتالي إذا اكتشفنا عدد النوى، فسوف نكتشف عدد الخلايا التي يتكون منها الدماغ.

الخطوة رقم 1: ضع الدماغ في مادة البارافورمالدهيد لبضعة أيام. وتُسمى هذه العملية بالثبيت. ستجعل مادة البارافورمالدهيد أغشية النوى أقوى، حتى لا تتفتت لاحقًا.

الخطوة رقم 2: افصل جزء الدماغ الذي تريد أن تستكشفه. ثم شرّحه إلى قطع صغيرة.

الخطوة رقم 3: ضع نسيج الدماغ المُقطع داخل "زجاجة إعداد الحساء". هذه الأداة مصنوعة من قطعتين من الزجاج، مصنوعتين بعناية بحيث تكون المسافة بين قطعتي الزجاج ضئيلة للغاية عندما تكون إحداهما داخل الأخرى (ابحث عن "مطحنة الأنسجة الزجاجية" (glass tissue grinder) على شبكة الإنترنت لمشاهدة الصور).

الخطوة رقم 4: أضف منطفًا للمساعدة في تفتيت النسيج. استخدم منطفًا خاصًا لا يتلف النسيج النووي (تذكر أننا نريد الحفاظ عليه حتى تتمكن من عدّ النوى الموجودة في الحساء).

الخطوة رقم 5: حرّك الزجاجة الداخلية للأعلى وللأسفل وأدورها، لتفتيت نسيج الدماغ. يُطلق على هذه العملية اسم التجزئة. بفرك قطعتي الزجاج ببعضهما بعضًا، يؤدي الاحتكاك إلى تفتيت قطع الدماغ إلى قطع أصغر وأصغر، وتتبقى فقط نوى الخلايا في النهاية (وهي ما نعتمد عليه في المجهر). يشبه هذا نوعًا ما إعداد العصير؛ فأنت تعصر الدماغ في الزجاجة، تمامًا مثلما تعصر الفاكهة في العصارة الدوارة لاستخراج عصارتها.

## اختبار القواعد وتغييرها

إذا كنت تعرف القاعدة التي تربط بين حجم الدماغ وعدد الخلايا العصبية، فستستطيع من خلالها التنبؤ بعدد الخلايا العصبية الموجودة في دماغ بحجم معين. وستوضح لك القواعد أيضًا حدود تكوين الأدمغة.

ولاختيار مثال مألوف، تنص قاعدة الرئيسيات على احتواء دماغ أحد الرئيسيات الأصلية الذي يبلغ وزنه 1.5 كجم - تمامًا مثل وزن دماغنا - على 93 مليار خلية عصبية. وأفضل تقدير يمكننا التوصل إليه لعدد الخلايا العصبية في دماغنا هو 86 مليار خلية عصبية، في المتوسط [2]. وهذا قريب جدًا من العدد المذكور. وما يعنيه هذا هو أننا لدينا دماغ أحد الرئيسيات؛ نعم، إننا - نحن البشر - ذلك الحيوان الرئيسي المشار إليه. وبعبارة أخرى، عندما يتعلق الأمر بأعداد الخلايا العصبية، يتضح لنا أن أدمغتنا ليست مميزة مقارنة بأدمغة أقرب أقاربنا؛ القرود والنسانيس. فلدينا العدد نفسه من الخلايا

العصبية الذي لدى الرئيسيات التي لها حجم دماغنا نفسه. ولكن لأننا الرئيسيات ذات الدماغ الأكبر، فلدينا عدد من الخلايا العصبية أكبر من أي حيوان رئيسي.

ولكن يا ترى كيف سيبدو الحال لو كنا قوارض؟ ماذا لو كان لدينا دماغ قارض يبلغ وزنه 1.5 كجم، وليس دماغ حيوان رئيسي يبلغ وزنه 1.5 كجم؟ يمكننا إجراء عملية حسابية للوصول إلى الإجابة. سيحتوي الدماغ على 19 مليار خلية عصبية فقط، أقل بكثير من الـ 86 مليار خلية التي يحتوي عليها دماغنا، وربما يكون قادرًا على القيام بمهام أقل بكثير من التي يستطيع أدائها الآن. والآن، دعونا نعكس السؤال: ما الحجم الذي يجب أن يكون عليه دماغ القوارض ليحتوي على 86 مليار خلية عصبية مثل أدمغتنا؟ يجب أن يكون الدماغ كبيرًا حقًا. وأن يبلغ وزنه أكثر من 30 كجم! وسيحتاج هذا القارض الخيالي إلى جسم يتجاوز وزنه 80 طنًا ليحمل دماغًا بهذا الحجم؛ ويعادل هذا وزن 20 فيلاً معًا، على النحو الموضح في الشكل 3! ولا يمكن أن توجد مثل هذه القوارض العملاقة أبدًا: فسوف يُسحق دماغها بسبب الوزن الهائل (تذكّر أن الدماغ ليس بداخله بنية تدعمه، مثل الهيكل العظمي الصلب). لا عجب أن مثل هذه القوارض الضخمة لم تظهر في تاريخ الحياة أبدًا.

### شكل 3

إذا كان هناك قارض لديه العدد نفسه من الخلايا العصبية الذي لدى الإنسان - أي 86 مليار خلية - فسوف يبلغ وزن دماغه أكثر من 30 كجم. أي أن هذا القارض الافتراضي سيحتاج إلى جسم وزنه 80 طنًا ليحمل دماغه الثقيل للغاية. ولتكوين فكرة عما سيبدو عليه هذا القارض الخارق، تخيل وضعه على ميزان؛ إذ سيعادل وزنه وزن 20 فيلاً!

### آكلات الحشرات (INSECTIVORES)

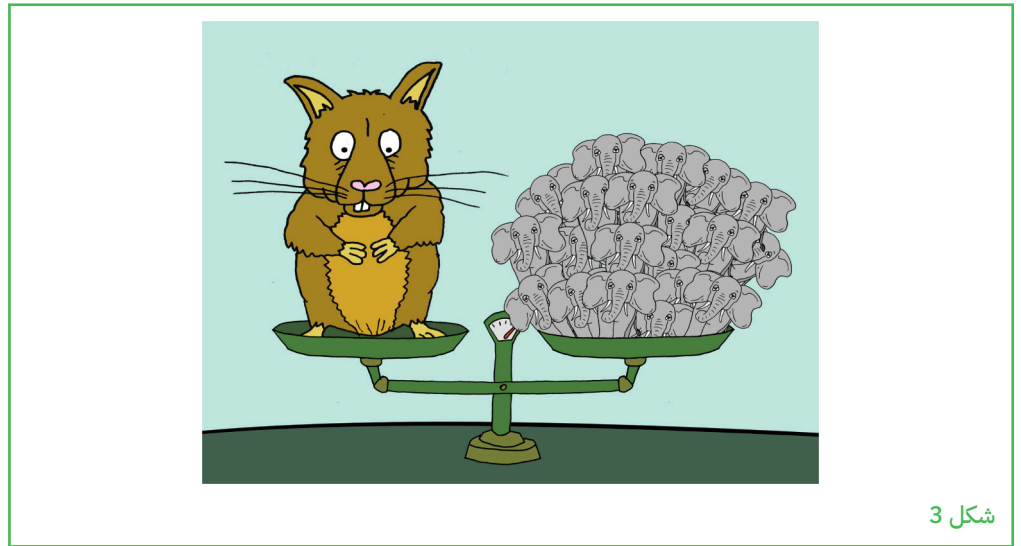
مجموعة من الثدييات الصغيرة التي تأكل الحشرات. وهي حيوان القنفذ والخلد. وينتمي أصغر حيوان ثديي في العالم؛ وهو الذبابة الأتروية، التي يبلغ وزنها 2 جرام إلى هذه المجموعة.

### آكلات اللحوم (CARNIVORES)

هي ثدييات معروفة بالصيد وأكل اللحوم. وتتنتمي الكلاب والقطط، وكذلك الأسود والذئبة والضباع إلى هذه المجموعة.

### الجراييات (MARSUPIALS)

هي الثدييات التي لديها جراب لحمل صغارها. ومعظمها موطنها الأصلي أستراليا. الكنغر والأبوسوم والكوالا من الجراييات.



شكل 3

هناك قواسم مشتركة كثيرة بين الأنواع الأخرى من الثدييات التي تناولناها بالدراسة حتى الآن؛ مثل آكلات الحشرات و آكلات اللحوم و الجراييات و الحوتيات، ولكن هناك اختلافات كثيرة أيضًا. إذ يبدو أن الطبيعة لديها العديد من الصفات أو القواعد المختلفة لتكوين الأدمغة. فثمة الكثير من التنوع في الأدمغة، تمامًا كما يتنوع المظهر الخارجي للأنواع المختلفة من الحيوانات.

ولكن الرئيسيات هي الأنواع التي تحظى بأكثر عدد من الخلايا العصبية في القشرة المخية - الجزء "المسؤول عن التفكير" في الدماغ - مقارنةً بالأنواع الأخرى التي لها أدمغة مشابهة في الحجم. ولا يعني هذا أن كل شيء مختلف في أدمغة الرئيسيات. فتذكّر أن جميع الحيوانات تشترك في أجداد أكبر منذ سنوات عديدة، وأن هناك بعض قواعد

## الحوتيات (CETACEANS)

هي الثدييات المائية، وتعيش جميعها تقريبًا في البحر. مثل الحيتان والدلافين وخنازير البحر.

تكوين الدماغ المشتركة بينها. فمثلاً، تنطبق القاعدة التي تربط عدد الخلايا الدبقية (هل تذكرها؟ انظر الشكل 1) بحجم الدماغ في جميع مجموعات الثدييات. ولأن هذا شائع بين جميع الثدييات، فإننا نعتقد أنه أمر مهم جدًا لضمان أداء الدماغ لوظائفه بشكل جيد.

جميع المعلومات حول قواعد الدماغ مهمة، ويرجع هذا إلى عدة أسباب. فالدماغ البشري ليس أكبر الأدمغة. على سبيل المثال، أكبر الثدييات البرية - ألا وهو الفيل - لديه قشرة دماغ تزن ضعف وزن قشرة دماغ البشر. ومع ذلك، ونظرًا لاختلاف طرق تكوين أدمغة الحيوانات المختلفة، فإن قشرة دماغ الفيل العملاقة لا تحتوي إلا على ثلث الخلايا العصبية الموجودة في قشرة دماغ البشر فقط [3, 4]. والدرس المستفاد هنا هو أن الحجم قد يكون مهمًا، ولكنه ليس ذا أهمية كبيرة عندما يتعلق الأمر بمقارنة الأدمغة. ولأن الطبيعة تستخدم "وصفات" مختلفة في تكوين الأدمغة، فإن مقارنة أدمغة الرئيسيات بأدمغة القوارض أشبه بمقارنة التفاح بالبرتقال؛ أي شيئين مختلفين تمامًا. وفضلًا عن ذلك، إذا أردنا التعرف على قدرات حيوان ما، فسيكون عدد الخلايا العصبية أهم بكثير من حجم الدماغ. ويرجع هذا إلى أن الخلايا العصبية هي الخلايا التي تعالج جميع المعلومات التي يستقبلها الدماغ وتحولها إلى أفعال. لذا، فإن وجود المزيد من الخلايا العصبية ربما يكون أمرًا مستحسنًا يعزز قدرة الدماغ، ما دام الدماغ لا يصبح بالغ الضخامة!

## المراجع

1. Herculano-Houzel, S., and Lent, R. 2005. Isotropic fractionator: a simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain. *J. Neurosci.* 25(10):2518–21. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4526-04.2005
2. Azevedo, F. A., Carvalho, L. R., Grinberg, L. T., Farfel, J. M., Ferretti, R. E., Leite, R. E., et al. 2009. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *J. Comp. Neurol.* 513(5):532–41. doi: 10.1002/cne.21974
3. Herculano-Houzel, S., Manger, P. R., and Kaas, J. H. 2014. Brain scaling in mammalian evolution as a consequence of concerted and mosaic changes in numbers of neurons and average neuronal cell size. *Front. Neuroanat.* 8:77. doi: 10.3389/fnana.2014.00077
4. Herculano-Houzel, S., Avelino-de-Souza, K., Neves, K., Porfírio, J., Messeder, D., Mattos Feijó, L., et al. 2014. The elephant brain in numbers. *Front. Neuroanat.* 8:46. doi: 10.3389/fnana.2014.00046

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023

المحرر: Robert Knight

'مرشدو العلوم': Sabine Kastner

الاقتباس: Neves K, daCunha F and Herculano-Houzel S (2023) ممّ تتكوّن الأدمغة المختلفة؟ *Front. Young Minds* doi: 10.3389/frym.2017.00021-ar

Neves K, daCunha F and Herculano-Houzel S: **مُترجم ومقتبس من:** (2017) What Are Different Brains Made Of? Front. Young Minds 5:21. doi: 10.3389/frym.2017.00021

**إقرار تضارب المصالح:** يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

.Neves, daCunha and Herculano-Houzel 2023 © 2017 © **COPYRIGHT** هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في مندييات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيّدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

## المراجعون الصغار

### العمر: 9-10, RIVERSIDE ELEMENTARY SCHOOL

نبذة عن مدرسة ريفرسايد الابتدائية: تقدم مدرسة ريفرسايد الابتدائية خدماتها للأطفال من مرحلة ما قبل الروضة حتى الصف الخامس في برينستون، نيوجيرسي، الولايات المتحدة الأمريكية. وتشمل المجموعة المتنوعة من طلابنا أطفالًا من أكثر من 23 بلدًا مختلفًا، ونحب جميعًا التعرف على الأدمغة! ولدينا أيضًا مختبر علوم وفناء به ضفادع وسلاحف صندوقية وفريق من المعلمين وموظفي الدعم المتفانين ومدير رائع يدعم دائمًا فرص التعلم الجديدة. يتعلّم طلاب الصف الرابع إما في صف المعلمة ليفي أو المعلم ماك جوفرن ويدرس لهم المعلم إيستبرن في مختبر العلوم.



## المؤلفون

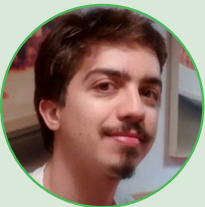
### KLEBER NEVES

أنا كليبر، مرشح لنيل درجة الدكتوراة في الجامعة الاتحادية لريو دي جانيرو، في البرازيل. تنطلق اهتماماتي البحثية بدءًا من تطور الدماغ والقدرات المعرفية - أي ما الذي يوجد في الدماغ ويجعل سلوك الحيوان أكثر أو أقل تعقيدًا؟ - ووصولًا إلى الشبكات والنماذج الحسابية - المطبقة على تطور الدماغ والأجهزة الأخرى. وأحب أيضًا التدريس والتفكير في التعليم: من كيفية تعلّم الناس إلى كيفية تحسين مدارسنا وجامعاتنا. وإذا لم أكن أعمل، فربما كنت سأقضي وقتي في القراءة أو صنع ألعاب الكمبيوتر أو الكتابة أو عزف الجيتار والغناء (لا أتقنه إلى هذا الحد) أو أحيانًا أقف على خشبة المسرح لأمثّل. \*kleber.na@gmail.com



### FELIPE DACUNHA

أنا فيليب، مرشح لنيل درجة الدكتوراة في جامعة ليشبريدج. يتمحور اهتمامي الأساسي حول فهم كيف تتغير أدمغة الأنواع المختلفة، وكيف يرتبط هذا بسلوك الحيوان. ومن الموضوعات التي أتناولها في رسالة الدكتوراة هي فهم الاختلافات في تشريح الدماغ بين الأنواع أحادية الزوج





والأنواع متعددة الأزواج. وأقضي وقت فراغي في الاستمتاع بالمشي لمسافات طويلة لاستكشاف أماكن جديدة وأحاول في بعض الأحيان العزف على آلة البانديرو، وهي آلة برازيلية يمكنها إصدار مجموعة من الأصوات.

#### SUZANA HERCULANO-HOUZEL

أنا سوزانا، عالمة أحياء وعالمة أعصاب برازيلية أعمل أستاذة في جامعة فاندربيلت في الولايات المتحدة الأمريكية. موضوعي المفضل هو التنوع: كيف يمكن أن تصبح الأدمغة مختلفة للغاية لدى أنواع الحيوانات، ولدى الأفراد أيضًا، مع احتفاظها بعدد من أوجه التشابه؟ بمعنى، كيف تبدو أدمغة الطيور مختلفة تمامًا عن أدمغة الثدييات في بعض النواحي، ولكنها تتشابه في مظهرها وعملها في نواحٍ أخرى؟ والأهم من ذلك كله، ما الفرق الذي يحدثه تكوّن الأدمغة بطرق مختلفة؟ كما أنني كاتبة مواد علمية. وأكثر ما أحبه في أبحاث الدماغ هي أنها تنطبق على كل موضع ننظر إليه، في كل لحظة من حياتنا اليومية.



جامعة الملك عبد الله  
للعلوم والتقنية  
King Abdullah University of  
Science and Technology



النسخة العربية مقدمة من  
Arabic version provided by