

## من أدمغة النمل، البحث عن دروس جديدة عن سلوك الإنسان والمجتمع



ماذا يمكن أن يخبرك النمل عن الدماغ البشري والمجتمع؟ الكثير، كما يبدو. النمل، كالشجر، كائنات اجتماعية للغاية، مما يعني أن أدمغتها طورت بنى ووظائف خاصة تسمح بالتعاون والتواصل مع مجتمعها. حتى أن بعض أنواع النمل تعمل معًا لتزرع وتحصد الفطر من أجل الحصول على غذائها.

لذا، بالنظر إلى النمل الزراعي من النوع الذي يزرع الفطر وأنواع أخرى منها، يدرس باحث علم الأحياء في جامعة بوسطن جيمس ترانييلو [James Traniello](#) تعقيدات (تركيبات) أدمغة النمل وكيف تطورت evolved خصائص الدماغ لتتوافق مع السلوك والمجتمع.

للجهود التي بذلها في هذا السيل، حصل هو وزملاؤه مؤخرًا على ثلاث منح مالية جديدة بلغ مجموعها حوالي 1.5 مليون دولار، والتي ستمول دراسات جديدة تبحث في نشأة وتطور دماغ النمل وبنيويته ووظيفته وتعبيره الجيني ونظامه الغذائي وتمثيله الغذائي (الأبيض / الاستقلاب)، وتكيفه الاجتماعي، وما إلى ذلك. على الرغم من أن جائحة فيروس كورونا قد أدت إلى تهميش الكثير من أعمالهم المخبرية لعدة أشهر، إلا أن فريق البحث أخذ يرجع ببطء إلى العمل البحثي في المختبر. ولكن ترانييلو أقرَّ - بأنه يعاني من "تراجع في عمل المختبر" على الرغم من حقيقة أن فريقه يلتقي أسبوعياً عبر منصة زووم Zoom.

يقول ترانييلو "أفتقد بشدة أن أكون حاضرًا بشكل شخصي في بناية أبحاث البيولوجيا في جامعة بوسطن مع الجميع". ولكن مع تكثيف مختبرات جامعة بوسطن نشاطها بما يتماشى مع خطة إعادة فتح الجامعة، سيرتدي ترانييلو وفريقه معاطف المختبر لدراسة النمل آخذين في الاعتبار أسئلة بحثية جديدة ومثيرة للاهتمام.

تواصلت موقع برنك Brink The (الموقع الاخباري لجامعة بوسطن) مع ترانييلو وأعضاء مختبره الذين سيستفيدون من المنح المالية الجديدة - الممنوحة من مؤسسة العلوم الوطنية، ومعهد علوم الجينوم التابع لجامعة بوسطن BU البيرو في التكنولوجيا والابتكار والتكنولوجي العلمي للتطوير الوطني والصندوق Genome Science Institute البحث عن لسؤالهم - Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica، الذي يعملون عليه، ما الذي يأملون في معرفته بالضبط عن النمل (والحيوانات الأخرى وربما حتى البشر)، ومع استمرار انتشار جائحة كورونا، ما إذا يستطيع البشر أن يتعلم أي دروس من النمل الذي يكافح الأمراض.

هذا ما قاله ترانييلو وفريقه - بما فيهم طالبة الدكتوراه السابقة فران كامهي Kamhi Franne ومرشحو الدكتوراه الحاليين زاك كوتو Coto Zach وإيزابيلا موراتور Muratore Isabella وفرانك أزورسا Azorsa Frank والباحثان في المرحلة الجامعية ميمي كاي Kay Mimi وفراز زيدي Zaidi Faraz.

سؤال وجواب مع مختبر ترانييلو

س: موقع برنك Brink: أولاً، سؤال من نوع الدجاجة أو لا أو البيضة أو لا. هل تتطور الأدمغة لتسمح بإنشاء علاقات اجتماعية معقدة، أم أن العكس هو الصحيح، هل تؤثر العلاقات الاجتماعية المعقدة والمجتمعات في حجم الدماغ وبنيوته؟

ج: من مختبر ترانييلو: في الفقاريات، يُعتقد أن العلاقة بين التعقيد الاجتماعي (1) وحجم الدماغ وبنيويته هي "سباق تسلح" تطوري مشترك للانتقاء [الطبيعي] لصالح المكاسب الشخصية. على سبيل المثال، تعقيدات الحياة

الاجتماعية في الرئيسيات التي تعيش في مجموعات كبيرة تتطلب قدرات ادراكية لتستجيب بشكل تكيفي للأوضاع الاجتماعية المختلفة. إذا كان الإدراك الاجتماعي (2) المعزز يتطلب قدرة كبيرة على معالجة المعلومات (3) ، فقد تكون النتيجة زيادة في حجم الدماغ. الأدمغة الكبيرة حجمًا ، بدورها ، قد تمكن سلوكًا أكثر تعقيدًا ، وبالتالي يكون الاختيار لصالح قدرة أكبر على معالجة المعلومات.

لكن في الحشرات الاجتماعية كالنمل [المترجم: وأيضًا كالنحل والزنابير والنمل الأبيض]، يرتبط تطور الدماغ بعقم العاملات وقوة المستعمرة وليست قوة أحد أفرادها. التحديات المعرفية / الإدراكية التي تؤثر في سلوك عاملات النمل وبالتالي حجم دماغها وبنيتها مقترنة بالتخصصات السلوكية (4) - من المهم تقسيم العمل (5) ، والذي يتضمن نشأة / تطور evolution عاملات تختلف في حجم [الدماغ] والمهام التي تؤديها. قد يكون لدى بعض العاملات حصيلة سلوكية repertoires behavioral أكثر تنوعًا وأكثر تطلبًا مرتبطة بالبحث عن الطعام، في حين أن البعض الآخر قد يكون متخصصًا للدفاع عن المستعمرة أو طحن البذور أو العمل بمثابة بوابة حية (حارس حي) للعش. نتوقع أن تختلف أدمغة العاملات التي لديها حصيلة مهام واسعة أو ضيقة للغاية في حجم الدماغ والعمارة في علم

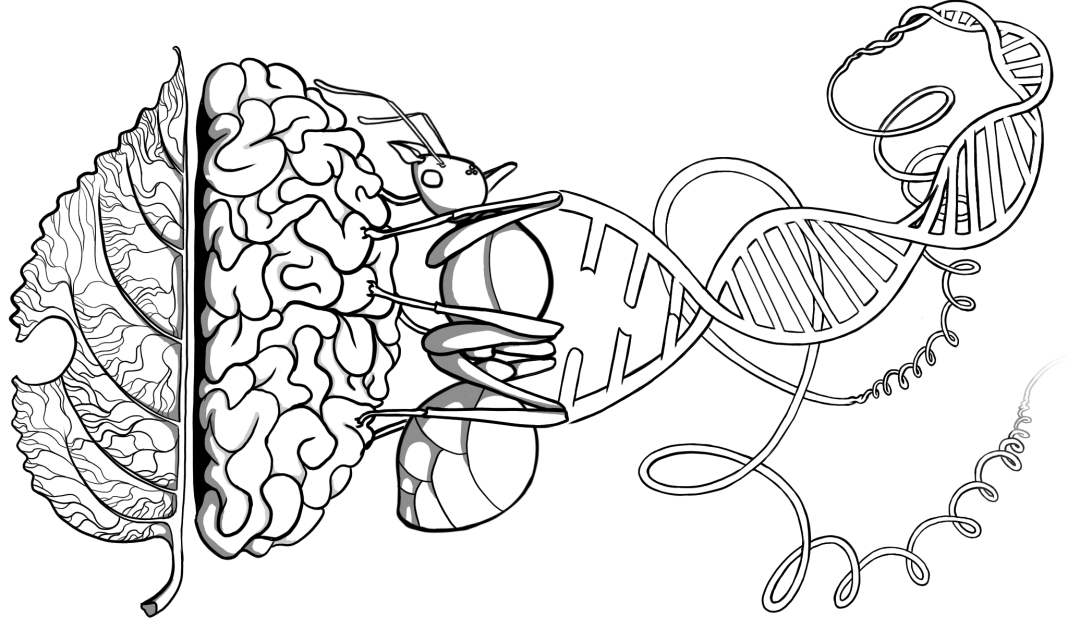
الأعصاب neuroarchitecture [المترجم: استجابة فسلوجة الكائن الحي للأمكنة والمساحات والمباني، بحسب 6] لتناسب أدوارها الاجتماعية.

neuroarchitecture

س: أين يتناسب التمثيل الغذائي (الاستقلاب / الأيض) للدماغ [المترجم: يعتمد التمثيل الغذائي للدماغ على الإمداد الدوري المستمر للعصبونات والخلايا النجمية بالجلوكوز والأكسجين، 7] في هذه الصورة؟ كيف تؤثر في تعقيد الدماغ والطبيعة الاجتماعية للأنواع؟

ج: يجب أن تكلف (من ناحية التكلفة) الأدمغة الأكبر طاقة أكثر للتطور وتنمو وتعمل. الأدمغة هي جزء صغير من الكتلة الكلية للحيوان ، لكنها تستخدم مقدارًا غير متناسب من الطاقة. على سبيل المثال، يزن دماغ الإنسان

حوالي 3 أرطال (حوالي 1.4 كغم) فقط، لكنها تستخدم حوالي 20 بالمائة من جميع طاقتنا. الأدمغة أيضًا أنانية من الناحية الأيضية، ومن المحتمل أن تكون قادرة على المطالبة بالطاقة المخصصة للأعضاء الأخرى.



لو يؤثر / يفضل التطور evolution حجم دماغ أكبر، فكيف يؤثر ذلك في الطلب على الطاقة؟ أدمغة الحشرات الاجتماعية دقيقة (أي صغيرة جدًا) ومختلفة من الناحية الفسيولوجية عن أدمغة الفقاريات. أثبتت فران كامهي Kamhi Franne التي حصلت على درجة الدكتوراه من بحث أحرته في مختبر ترانيلو، أن بعض النمل المعقد (المتقدم) اجتماعيًا لديه أدمغة أكبر، ولكنها تستخدم طاقة أقل لتقوم بوظائفها. هذه العلاقة بين التعقيد الاجتماعي وحجم الدماغ والتمثيل الغذائي ليست مفهومة جيدًا، وهي محور البحث الحالي بقيادة عضو مختبر ترانيلو زاك كوتو، الذي يسعى للحصول على درجة الدكتوراه.

س: ماذا يمكن أن تعلمنا دراسة النمل عن الأدمغة البشرية والمجتمعات؟ لماذا يعتبر النمل نموذج بحث مهم؟

ج: كيف تأثرت بنية الدماغ والتمثيل الغذائي للدماغ (7) بالحياة الاجتماعية هي مسألة مهمة لم تُحل بعد في جميع الأنواع species، مقارنةنا هي الإجابة على السؤال بتوسيع المنظورات المفاهيمية لتطور الدماغ باستخدام النمل كنماذج مع تكامل علم الأحياء التطوري مع علم الأعصاب.

كالبشر، النمل معروف بذكائه الجماعي الاستثنائي. تعتبر المجموعات المتعاونة أفضل في حل المشكلات من الأفراد في كل من المجتمعات البشرية والنمليات ، لذلك يمكننا أن نسأل كيف يؤثر الإدراك المنبثق في تطور / نشأة الغذائي تمثيله ذلك في بما ، الدماغ evolution

هناك أيضًا فكرة من نظرية الأنظمة المعقدة (8) مفادها أن التعقيد الاجتماعي الأعظم مشتق من بساطة الفرد simplicity individual ، لكن كيف يؤثر الإدراك على مستوى المجموعة في حجم الدماغ [الفرد] وبنيوينه والتمثيل الغذائي للدماغ لم تُدرس جيدًا بعد. لذلك ، يوفر النمل فرصًا للإجابة على الأسئلة المهمة أيضًا في التطور evolution البشري.

يُعتقد أن التغيير الغذائي والثقافي مقترن بتكوّن مجموعات اجتماعية أكبر وأكثر استقرارًا، منا يغير المقترضات / المتطلبات الإدراكية (9) لأعضاء (أفراد) المجموعة التي قد تنعكس في حجم الدماغ وتنظيمه ووراثياته (جينتكس) . من المثير للاهتمام أنه كما يظهر أن حجم الدماغ البشري قد انخفض منذ ما يقرب من 10 ألف عام ، حوالي في الوقت الذي بدأت فيه الزراعة.

من الصعب الإجابة على سؤال بشأن كيف تؤثر النزعة الاجتماعية (11) وحل المشكلات بشكل جماعي في تطور الدماغ البشري ، لأن السجل الأحفوري البشري يحد من التحليل. ومع ذلك، هناك علاقات بين التعقيد الاجتماعي والإدراك والتغيرات في حجم الدماغ وحجم الجسم في النمل الزراعي مما يعطي نظرة ثاقبة لما هو ممكن في الطبيعة في ظل ظروف مشابهة بصورة عامة.

س: كيف سيساعدك تسلسل الحمض الريبي وحيد الخلية على فهم الآليات البيولوجية التي تفسح المجال لتكوّن بنويوات دماغ معقدة؟ ما هي أنواع الإشارات الجزيئية التي تبحث عنها؟

ج: نريد أن نفهم كيف يعزز التعبير الجيني بنوية الدماغ والسلوك. دراسات تسلسل الحمض النووي الريبي التقليدية غالبًا ما تكون مقيدة رذلك بافتراض أن مكونات خلية غير متجانسة (أو كلها مثل بعضها بالضبط) في التعبير الجيني، ولكن على الرغم من أن جميع الخلايا تتقاسم نفس الجينوم، فقط مجموعة فرعية من الجينات تكون [منشطة] داخل كل خلية. وهذا يمكن أن يتباين عبر مختلف أنواع الخلايا وبين الخلايا المتشابهة جدا أو مجموعات الخلايا في مناطق مختلفة من الدماغ. هذا التباين يعتقد أن يكون مهمًا في نمو الخلية ووظيفتها، وفي الأدوار الزراعية التي يلعبه النمل، لكننا لا نستطيع تحليله باستخدام دراسات تسلسل الحمض الريبي لكامل الدماغ، لأن تلك فقط تعكس [خليط من الجينات]، أو مستويات متوسط التعبير لكل من الجينات في جميع أنحاء الدماغ.

س: لماذا اخترت دراسة نمل Cephalotes Atta [نوع من النمل معروف أنه قاطع لأوراق الأشجار] لهذا الغرض؟ ماذا عن النمل الذي يزرع الفطر الذي يجعل دراسة هذا النوع من النمل قاطع الأوراق أكثر إثارة للدراسة من أنواع النمل الأكثر شيوعًا؟

ج: النمل الذي يزرع الفطر ينتج إمداداته الغذائية الخاصة به، وهو محصول من الفطر. فقط النمل والنمل الأبيض والبشر هم من أكثر الأنواع اجتماعيةً - بمعنى أنها تمارس الزراعة ولديها تقسيم العمل بتفرغ كامل time-full division of labor.

يتنوع مظهر النمل قاطع الأوراق بشكل ملحوظ؛ يتراوح حجم العاملات من صغير جدًا (حوالي نصف ملليمتر عبر رأسها) إلى حجوم كبيرة (أكثر من 3.5 ملم) ويمكن تقسيمها إلى مجموعات طبقية ثانوية / فرعية subcastes ووفقًا لحجمها والمهام التي تؤديها. تختلف أدمغتها من الناحية البنيوية، لا سيما في حجرة compartment تسمى جسم الفطر، والتي ترتبط ارتباطًا وثيقًا بقشرة cortex الفقاريات الدماغية. هذا هو مركز التعلم (الاكتساب) والذاكرة لدماغ العاملات، وهو أكبر نسبيًا في المجموعات الطبقيّة الفرعية التي لها سلوك هو الأكثر تعقيدًا.

افترضنا أن الاختلافات في بنية الدماغ مثل هذه وأنماط التعبير الجيني الخاصة بالخلية تدعم تقسيم العمل الزراعي في هذا النوع من النمل من خلال التأثير في بنية الدماغ وسلوكه في مجموعات الطبقات الفرعية subcastes منه.

يوفر النمل الزارع للفطريات ants growing-Fungus فرصًا رائعة لفهم تطور evolution الدماغ لأنها متنوعة في التنظيم الاجتماعي. بعض الأنواع تملك مستعمرات صغيرة بعاملات تتميز بنفس الحجم تقريبًا تؤدي مجموعة كاملة من المهام اللازمة لإنتاج محصول الفطر، ولكن في الأنواع المتقدمة advanced التي لديها مستعمرات كبيرة، تكون الزراعة منها بحجم كبير، وتُنجز من خلال تطور evolution أحجام دماغية مختلفة للعاملات التي تتباين في سلوكها. لذلك، داخل الفروع الحيوية للنمل ants of clade (انظر 12)، هناك تنوع كبير في التعقيد الاجتماعي، والذي يمكننا الاستفادة منه لاستكشاف المسائل التي طرحناها في بحثنا عن العلاقات بين التكيف الاجتماعي socialization وتطور evolution الدماغ.

حتى أن النمل من نوع آخر وسع من فرص البحث هذا. مجموعة من النمل تسمى النمليات البونيرويدات poneroids (انظر 12) معروفة بعاداتها المفترسة predatory، وتعتبر من أكثر النمل بدائية. مثل النمل الذي يزرع الفطر، فهو متنوع من ناحية البايولوجيا الاجتماعية ومن ناحية الايكولوجيا، لكن العاملات في هذه المجموعة هي مفترسة نشطة، وبين الأنواع المختلفة تظهر اختلافات مذهلة في النظام الغذائي وحجم المستعمرة وحجم الجسم ومظهر العاملات

وتقسيم العمل. بعض أنواع نمل البونيرويدات poneroid تفترس النمل الأبيض فقط، في حين أن البعض الآخر منها لا يعتمد على طعام خاص بعينه ولكمه ينوع مصادر غذائه (generalists).

يختلف نمل البونيرويدات Poneroid في حجم الجسم ويتراوح من 1.4 ملم إلى نمل الأمازون العملاق Dinoponera . . نملة آلاف 10 من أكثر أو نملات 10 من أقل المستعمرة حجم يكون أن ويمكن ، سم 3.6 طوله البالغ gigantea الاختلافات في التخصص بغذاء معين ونوع العمل الذي يقوم به لتحصيل غذائه والتنظيم الاجتماعي من المحتمل أن ترتبط بالتكيفات المعرفية / الإدراكية المتعلقة بنظامها الغذائي والتواصل الاجتماعي التي تؤثر في حجم الدماغ وبنيتها وتمثيله الغذائي ، مما يجعلها مجموعة مثالية لاختبار نظريات تطور evolution الدماغ. فرانك أزورسا، طالب دكتوراه في مختبر ترانيللو، يقوم حالياً بإجراء بحث على نمل البونيرويدات ضمن مشروعه للحصول على الدكتوراه.

س: هل هناك أي أوجه تشابه مثيرة للاهتمام تراها بين النمل - وكيف يمكنه التغلب على هجمات الأنواع الغازية والطفيلية - والصعوبات التي تواجه حالياً البشر والأنواع الأخرى المعرضة لـ كوفيد-19؟

ج: الحشرات الاجتماعية كالنمل لا تتنازل عن حاجتها لممارسة سلوكيات تمنع انتشار المرض أو تتنافس على الحصانة ضده. وبعكس البشر، لا تحتاج إلى قيادة قوية وسيطرة مركزية لمنع الأوبئة.

يعيش النمل في بيئات حافلة بمسببات الأمراض والطفيليات وتشكل مستعمرات يمكن أن تضم الملايين من النمل الذي يعيش مترامكماً بكثافة داخل أعشاشه (بيوت النمل). واحدة من أقدم وأهم تكيفاتها للسيطرة على العدوى هي الغدة البطنية metapleural (انظر 13) ، والتي تفرز مضادات حيوية. كل نملة هي عبارة عن صيدلاني، تفرز مواد كيميائية وقائية وتوزعها في جميع أنحاء المستعمرة عن طريق تنظيف نفسها ورفاقها، وتنشر إفرازات المضادات الحيوية في بيتها (عشها) بأكمله.

بالإضافة إلى ذلك ، يتعايش النمل الذي يزرع الفطر مع البكتيريا التي تنتج المضادات الحيوية للسيطرة على الفطريات الغريبة الأخرى التي يمكن أن تغزو المستعمرات وتقتل الفطر الذي تزرعه للتغذى عليه.

بشكل عام، تتواصل الحشرات الاجتماعية فيما بينها عن أي وجود لمسببات الأمراض وتبعث بإشارات تجعل أفراد عشها يتفرق، مما يقلل من خطر اصابتها بالعدوى. يمكن أن "تصاب بالحمى" ، مما يرفع من درجة حرارة العش (البيت) لقتل مسببات الأمراض حرارياً. كما أن عاملات النمل المصابة بالعدوى ستنأى بنفسها جسدياً عن زميلاتها غير المصابة ، وتقوم بحجر صحي بشكل طوعي ، وتغادر المستعمرة قبل أن تموت.

حتى أن بحثنا يثبت أن بعض الأنواع لديها مناعة اجتماعية (14) - فالعوامل التي تتمتع بالمناعة قادرة على تعزيز مقاومة الأمراض في المستعمرة بشكل عام ، ربما عن طريق تلقيح زميلاتهما في العش أو نشر المنشطات المناعية .