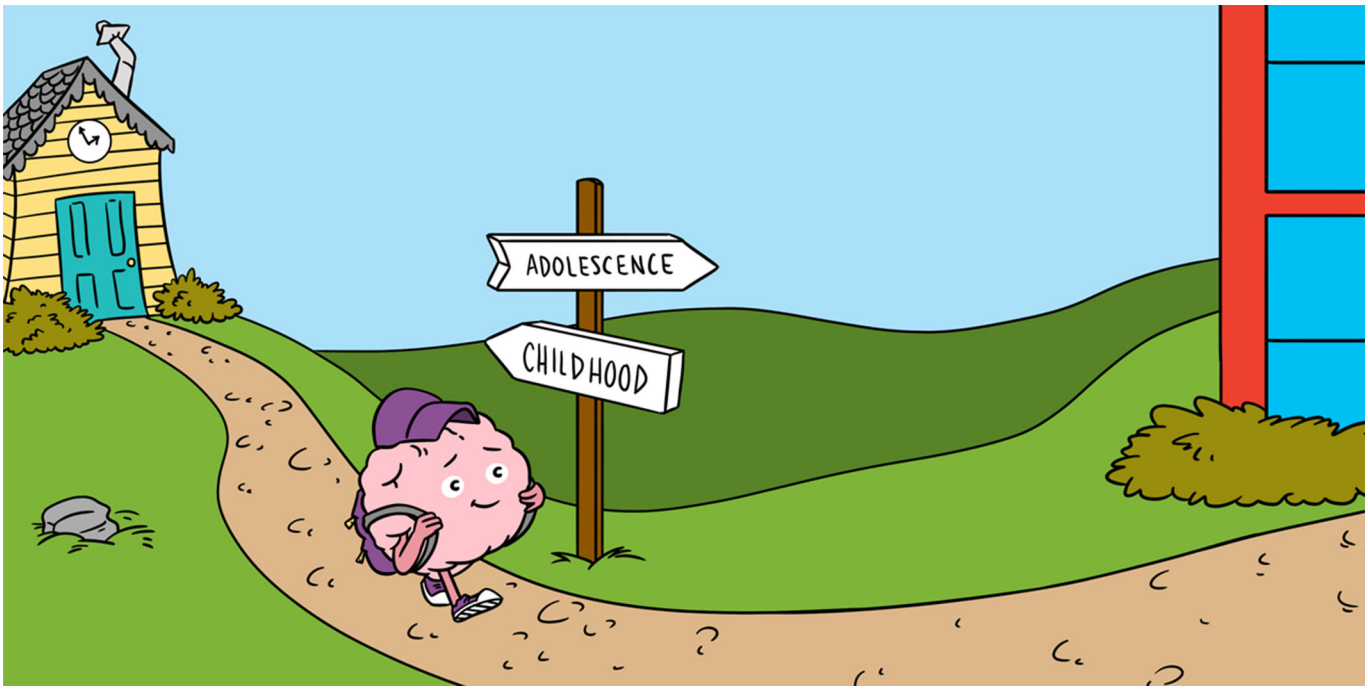
علم الأعصاب وعلم النفس
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 07 أبريل 2023
doi: 10.3389/frym.2020.00075-ar



من الطفولة إلى النضج: رحلة دماغ المراهق المدهشة!

Kathryn L. Mills[1,2*] و Jeya Anandakumar[1,3]

[1]مختبر الأدمغة المتطورة (ديفيلوبينج برايز إن كونتكست) قسم علم النفس، مركز علم الأعصاب الانتقالي، جامعة أوريغون، يوجين، أوريغون، الولايات المتحدة

[2]مركز أبحاث برومنتنا، قسم علم النفس، جامعة أوسلو، أوسلو، النرويج

[3]جامعة ولاية بورتلاند، بورتلاند، أوريغون، الولايات المتحدة

يتطور الدماغ البشري على مدار فترة طويلة. وفي حين أن الدماغ يمر بتغيرات كبيرة في مرحلة الطفولة، تحدث تغيرات أيضًا أثناء العقد الثاني من الحياة أي المراهقة، ما يجعلها فترة رائعة! يتميز دماغ المراهق بقدرة أكبر على التغير مقارنةً بالبالغ، وبعكس الطفل، فالمراهق لديه تحكم أكبر في الواقع في شكل تطور الدماغ. وبفضل القدرات الفائقة على معالجة المعلومات والحساسية الاجتماعية الزائدة خلال مرحلة المراهقة، نجد أن المراهق يستطيع بشكل كبير أن يشق طريقه في هذا العالم الاجتماعي المعقد. يناقش هذا المقال كيف يمكن استخدام الأبحاث الحالية حول تطور الدماغ لتعزيز قدرة المراهقين على فهم العالم من حولهم. سنقترح طرقًا يمكن من خلالها للمؤسسات التعليمية تعزيز تطور الدماغ وتحسين البيئة التعليمية أثناء مرحلة المراهقة.

المراجعون الصغار

ISABELLA
العمر: 13

ALINE
العمر: 13

MARILIA
العمر: 13

مقدمة

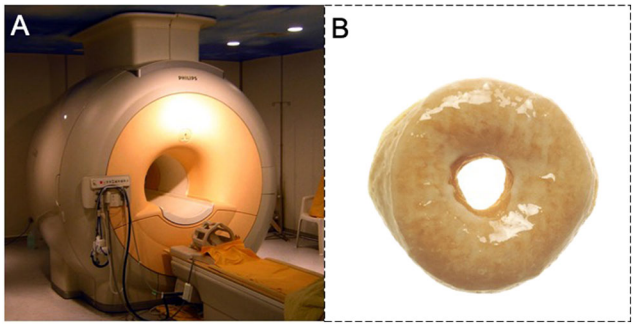
سنشرح في هذا المقال الأسباب التي تجعلنا نقول إن دماغ المراهق مدهش. المراهقة هي تلك المرحلة في الحياة التي تبدأ في الغالب بتغيرات في الجسم مرتبطة بالبلوغ، ولكن الدماغ يتغير أيضًا خلال هذه المرحلة ويواصل التغير حتى بعد اكتمال البلوغ، أي في العشرينات [1]. تنعكس تغيرات الدماغ في تغيرات السلوك التي نلاحظها في الغالب أثناء المراهقة، مثل الرغبة في الاستكشاف وتكوين علاقات جديدة وشق طريقنا في العالم الاجتماعي المتغير.

مدهش (AWESOME)
أي يستدعي قدرًا كبيرًا من الإعجاب أو القلق أو الخوف.

التغيرات التي تطرأ أثناء مرحلة المراهقة

يلجأ الباحثون إلى تقنية اسمها التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) والتي تستخدم المجال المغناطيسي والموجات اللاسلكية لالتقاط صور للدماغ أثناء استلقاء شخص داخل جهاز يشبه كعكة دونات عملاقة (شكل 1). تبين لنا دراسات تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي التغيرات التي تحدث للدماغ البشري في التكوين (التركيب البنيوي) والبنية (كيفية ارتباط عناصره) أثناء مرحلة المراهقة.

التصوير بالرنين المغناطيسي (MAGNETIC RESONANCE IMAGING)
طريقة فحص للجسم تتم عن طريق التقاط صور لأعضائه الداخلية، مثل الدماغ.



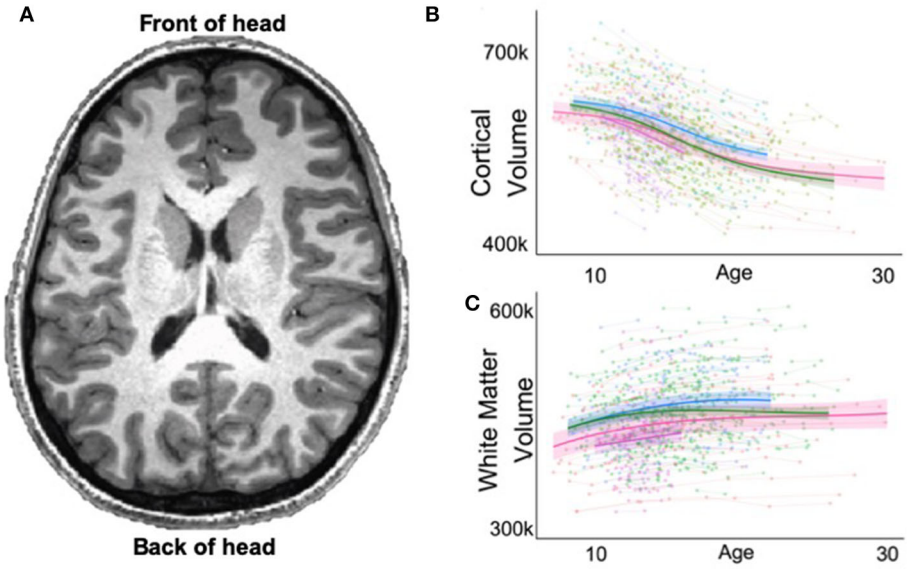
شكل 1
(A) جهاز تصوير بالرنين المغناطيسي يشبه **(B)** كعكة دونات.

يتكون الدماغ من عدة أجزاء، ولكننا سنركز هنا على أنسجة المخ، وهو أكبر جزء في الدماغ (شكل 2A). يتألف المخ من نوعين من الأنسجة، وهما المادة الرمادية والمادة البيضاء. المادة الرمادية عبارة عن الخلايا الدماغية (العصبونات) وروابطها، وتوجد هذه المادة في الجزء الخارجي من المخ (القشرة المخية)، كما توجد في عمق المخ. تحتوي المادة الرمادية على معظم أجسام الخلايا العصبية، كما أنها تشكل مناطق في الدماغ لها دور أساسي في التحكم في العضلات والإدراك الحسي واتخاذ القرارات وضبط النفس. تقل المادة الرمادية أثناء المراهقة بنسبة 1.5% في العام تقريبًا ([1]، شكل 2B)، ولكن هذا الانخفاض ليس سيئًا؛ إذ يُعتقد أنه مرتبط بضبط الروابط بين خلايا الدماغ، وكذلك بالزيادة في نسيج آخر في المخ، وهو المادة البيضاء.

المخ (CEREBRUM)
الجزء الأمامي من الدماغ وله دور في الشخصية والانفعال والقرار و التفكير.

العصبون (NEURON)
خلية عصبية.

القشرة المخية (CORTEX)
الطبقة الخارجية للمخ والتي تتكون من مادة رمادية متجعدة.



شكل 2

شكل 2

(A) صورة لمقطع من مخ بشري، التقطها جهاز تصوير بالرنين المغناطيسي: يبدو المقطع كما لو كنت تنظر من قمة الرأس نزولاً إلى الدماغ. التكتلات المتجعدة حول الأجزاء البيضاء هي المادة الرمادية في القشرة المخية، والأجزاء البيضاء هي المادة البيضاء. **(B)** تقل المادة الرمادية في القشرة المخية أثناء المراهقة. **(C)** تزيد المادة البيضاء في المخ أثناء المراهقة. في كل من "ب" و"ج"، تمثل كل نقطة في الرسم البياني قياس حجم الدماغ لدى فرد ما في وقت واحد، وفقًا للتصوير بالرنين المغناطيسي. يتم ربط النقاط لعرض القياسات التي تم تسجيلها لشخص واحد. جُمعت البيانات في أربعة مختبرات أبحاث مختلفة، ويظهر متوسط البيانات في كل موقع من خلال الخطوط الأربعة الغامقة (تم اقتباس الشكل من Tamnes وآخرين [2] و Mills وآخرين [1] مع إجراء تعديلات عليه).

توجد المادة البيضاء تحت القشرة المخية وتتكون من ألياف عصبية طويلة اسمها المحاور ووظيفتها إرسال الإشارات التي تربط أجزاءً مختلفة من الدماغ معًا. تزيد المادة البيضاء في بداية مرحلة المراهقة وتثبت نسبتها على ما يبدو في منتصف سن المراهقة (شكل 2C). وترتبط الزيادة في المادة البيضاء بزيادة في سرعة الإشارات المرسلة بين خلايا الدماغ. يعرض شكل 3 رسومًا توضيحية تشريحية للمادتين الرمادية والبيضاء.

المحور العصبي (AXON)

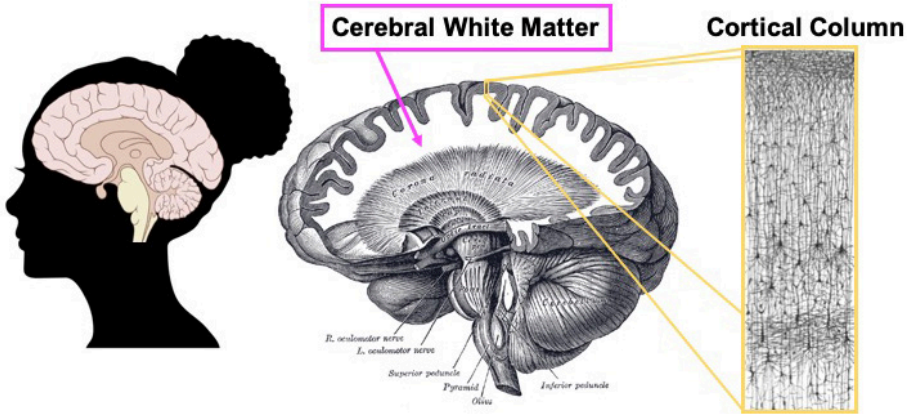
جزء رقيق طويل من العصبون يرسل الإشارة من أحد طرفي العصبون إلى طرفه الآخر.

كيف تتغير بنية الدماغ أثناء المراهقة؟

قد يستخدم الباحثون أيضًا التصوير بالرنين المغناطيسي للاطلاع على بنية الدماغ من حيث كيفية ارتباط أجزائه المختلفة.

بما أن الدماغ يمر بتغيرات هائلة في مرحلة المراهقة، فإن بنيته يمكن أن تتأثر بأفعالنا وخبراتنا وبالبيئات التي نعيش فيها. الدماغ عبارة عن شبكة كبيرة تتواصل أجزاء مختلفة فيها مع بعضها أثناء قيام الشخص بسلوكيات أو مهام مختلفة، مثل التفكير في الآخرين أو التنقل في العالم. ويمكن دراسة أنماط التواصل هذه باستخدام تقنية مختلفة قليلاً وهي التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي (fMRI). تفحص هذه التقنية مقدار الأكسجين في الدم المتدفق في أرجاء الدماغ، باعتباره مقياسًا لنشاط الدماغ. عندما تظهر أنماط متشابهة لنشاط الدماغ في أجزاء مختلفة منه، يُستنتج عندها أنها متصلة وظيفيًا.

بالنسبة للسلوكيات المعتادة التي نلاحظها أثناء المراهقة، مثل التفكير في الآخرين واتخاذ القرارات، يُرى أنها مرتبطة بأنماط معينة لنشاط الدماغ في أجزائه المرتبطة وظيفيًا. لا تتماثل بنية الدماغ عند كل مراهق، ولا يقوم كل المراهقين بالسلوكيات المعتادة في مرحلة



شكل 3

شكل 3
رسم ظلي لرأس فتاة مع إبراز منطقة الدماغ: في المنتصف، يظهر رسم لمقطع عرضي للدماغ البشري يعرض المادة البيضاء تحت القشرة المخية. تتشكل المادة البيضاء من سبل، وتظهر في الرسم مجموعة واحدة من هذه السبل (اسمها الإكليل المتشعع). يعرض المربع الأصفر رسمًا للعمود القشري لدى إنسان في مرحلة النمو. يظهر هذا الرسم طريقة ترتيب العصبونات في القشرة المخية، غير أن المادة الرمادية القشرية تشمل أيضًا العديد من المكونات الخلوية غير المعروضة هنا، بما فيها الخلايا الدبقية والأوعية الدموية. تم الحصول على هذه الرسوم من مستودعين للصور المجانية، وهما ويكي ميديا كومنز وبيكاسباي.

المراهقة. يمكن أيضًا أن ترتبط الاختلافات في السلوك باختلاف أنماط نشاط الدماغ بين الأفراد.

من أمثلة السلوكيات التي تتغير أثناء المراهقة هي تفضيل القليل الفوري أم الكثير المتأخر. يتعلق هذا السلوك بالمدة التي يمكننا انتظارها للحصول على المكافآت، ولا سيما بالنسبة لما إذا كان الفرد سيختار مكافأة صغيرة متاحة فورًا أم مكافأة أكبر ولكن عليه انتظارها. درسنا كيفية تغيّر هذا السلوك مع الانتقال إلى مرحلة المراهقة، ووجدنا أنه يرتبط بأنماط في نشاط الدماغ تربط بين أجزاء الدماغ المعنية بالتحكم في سلوكنا من جانب وأجزاء الدماغ المعنية بتقدير قيمة الأشياء في العالم الواقعي من جانب آخر [3]. على الرغم من الصورة النمطية عن أن المراهقين بصورة عامة لا يسعهم انتظار مكافأة أكبر إذا كان من الممكن الحصول على مكافأة أصغر في الحال، كشفت دراستنا اختلافًا سلوكيًا بين الأفراد وارتباط هذا الاختلاف ببنية دماغ الفرد.

تفضيل القليل الفوري أم الكثير المتأخر (TEMPORAL DISCOUNTING PREFERENCE)
تفضيل الشخص للحصول على مكافأة صغيرة فورًا أم انتظار مكافأة أكبر في وقت لاحق.

أثبتت دراسات تصوير الدماغ أنه يعاد تنظيم بنيته في مرحلة المراهقة. ونظرًا للتغيرات الكثيرة التي تمر بها أدمغتنا، فإن تجاربنا في المراهقة يمكن أن تحدد شكل بنية الدماغ. ومن خلال القيام بأنماط سلوكية معينة، نعزز بعض أنماط النشاط الدماغي. وهذا يتيح حدوث طفرات في النمو الفكري والانفعالي أثناء المراهقة.

فرصة فريدة!

إن التغيرات في بنية وتركيب الدماغ أثناء مرحلة المراهقة تكون أكبر من التغيرات التي تحدث للبالغين، ولكنها تكون أقل من التغيرات في مرحلة نمو الرضيع والطفل. غير أنه على عكس مرحلة الطفولة، تتيح المراهقة لنا فرصة أكبر لتحديد شكل نمو أدمغتنا. والسبب في هذا هو زيادة قدرتنا على فهم أنفسنا والعالم من حولنا وزيادة تحفيزنا وتمكننا بشكل أكبر من اتخاذ قرارات يمكنها التأثير على تغير الدماغ. وهذا ما يجعل دماغ المراهق مدهشًا.

تزيد بعض قدرات الدماغ أثناء المراهقة، ومنها التفكير المجرد ومراعاة تعدد وجهات النظر والقدرة على التفكير في عملية التفكير نفسها. تشير بعض الأبحاث إلى أن المراهقين لديهم قدرة أكبر من البالغين والأطفال على حل المشاكل بطرق جديدة ومبتكرة بسبب أنهم يستطيعون التفكير في مفاهيم مختلفة في الوقت نفسه [4]. وقدرات الدماغ المتاحة بالفعل خلال المراهقة يمكن استخدامها لتحفيز النمو الصحي المتواصل للدماغ، ولكن هذا يستلزم السماح للمراهقين باتخاذ قراراتهم الخاصة بأنفسهم. على سبيل المثال، من خلال تشجيع المراهقين على تحديد أهدافهم بأنفسهم، يتحفز نشاط الدماغ المعني بتكوين الهوية الذاتية ومراعاة العواقب طويلة المدى. يقلق المراهقون كثيرًا في الغالب بشأن نظرة أقرانهم لهم. وعلى الرغم من أن هذه الحساسية الاجتماعية غالبًا ما تعتبر سلوكًا سلبيًا لدى المراهقين، يمكن تحويلها إلى عنصر إيجابي عندما تكون البيئة الاجتماعية صحيّة [5]. ومن الأمثلة الأخرى للحساسية الاجتماعية التي يرتفع مستواها أثناء المراهقة هو القلق من التركيبات الاجتماعية والأحداث العالمية الأكبر [6]. بما أن البالغين لديهم صلاحيات أكبر من المراهقين في الغالب لتغيير البيئة الاجتماعية، فعليهم توفير المزيد من الفرص للمراهقين للسماح بنمو أدمغتهم بصورة إيجابية.

كيف يمكن للمعلّمين تحسين بيئة التعلم للطلاب المراهقين؟

نظرًا لسهولة تشكيل الدماغ أثناء المراهقة، يجب على المعلّمين وأولياء الأمور توفير بيئة خصبة لنمو دماغ المراهق. وتحسين بيئة التعلم في المدارس من أكثر الطرق فعالية لدعم المراهقين. بحسب ما نعرفه عن نمو الدماغ، فالمراهقين لديهم قدرة أكبر على فهم المواضيع الأكثر تعقيدًا مقارنةً بالأطفال الصغار. ويمكن للمراهق التأثير على نمو عقله إيجابًا عندما يفهم ما يدور في دماغه. ومن سبل تحقيق ذلك دمج المواضيع التنموية، مثل صنع القرار وإدمان العقاقير وحل النزاعات وتخطيط التعليم في المناهج المدرسية. نعرض فيما يلي بعض الطرق الأخرى لتحسين بيئة التعلم في المدارس، وننصحك بمشاركتها مع معلميك.

أهمية التعاون والشمول في بيئة التعلم

بدلاً من تجاهل الدافع للاختلاط الاجتماعي أثناء مرحلة المراهقة، يمكن للمعلّمين الاستفادة منه عن طريق التشجيع على المناقشات الجماعية والتفاعل بين الطلاب. فعندما يطلب المعلّمون من الطلاب النصائح والملاحظات والآراء في أنشطة الفصل الدراسي، يمكن أن يزيد اهتمامهم ببيئة التعلم ومشاركتهم فيها. وإشراك الطلاب من مختلف الصفوف الدراسية يمكن أن يساعدهم على تعلم مهارات جديدة ورؤية أي مشروع من مناظير مختلفة، وهذا لأن الطلاب ذوي الأعمار المختلفة يجلبون مهارات مختلفة في أي مناقشة أو مشروع.

تغيير بيئة الفصل الدراسي

فكّر في فصلك الدراسي، كيف يتم ترتيب الطاولات والكراسي؟ هل هي في صفوف طويلة مستقيمة أم في دوائر صغيرة؟ قد يشعر الطالب بعزلة اجتماعية إذا جلس في صف طويل لا يسعه فيه أن يرى زملاءه إلا من الخلف أو الجانب. ويمكن تغيير هذا الترتيب للطاولات و/أو الكراسي للتشجيع على التعاون والتعلم. فكّر في أن تطلب من المعلّم إذا كان مرحبًا بالتغيير أن يجرّب ترتيبًا جديدًا مثل الدوائر الصغيرة. إن إعادة ترتيب الأثاث في الفصل الدراسي لا يهدف فقط إلى مراعاة الدافع الفطري للاختلاط الاجتماعي لدى المراهقين، بل يمكنه كذلك المساعدة في مشكلة القلق الاجتماعي لأنه يسهّل التواصل والتحدث بين الطلاب في المجموعة.

دعم الاستقلال

يمكن للمعلمين دعم الاستقلال في الفصل الدراسي من خلال السماح للطلاب بالتوجيه والقيادة. ومن أمثلة ذلك السماح للطلاب بوضع القواعد أو الإرشادات الخاصة بمشروع ما. فالسماح للطلاب باستكشاف ما يهمهم يعزز التعلم. وعندما يتمكن الطلاب من وضع إرشاداتهم بأنفسهم والتغلب على الصعوبات من خلال العمل الجاد والتعاون، سيزيد استعدادهم لخوض تحديات جديدة والتغلب على المواقف الصعبة.

التفاعل مع المجتمع

قد تبدو بيئة الفصل الدراسي المعتادة مصطنعة للغاية وعالية التنظيم. لذا يجب تشجيع الطلاب على التعاون مع العالم خارج الفصل الدراسي، فالرحلات الميدانية المجتمعية على سبيل المثال يمكن أن تساعد الطلاب على تطبيق ما تعلموه في الفصل على العالم الواقعي. وهذا من شأنه دعم الحساسية الزائدة التي يشعر بها المراهق تجاه عالمه الاجتماعي.

معنى ذلك بالنسبة لك

مرحلة المراهقة فترة تتسم بالنمو السريع والتطور والتعلم، وهذا يسمح بفرصة فريدة تمكّن المراهقين بشكل أكبر من التحكم الفعلي في شكل نمو أدمغتهم. ويمكننا تعزيز أنماط معينة لنشاط الدماغ من خلال القيام بأنواع محددة من السلوكيات. ومن الطرق التي تتيح لك لعب دور في نموك هي من خلال تعلم وفهم ما يدور في دماغك. مدهش، أليس كذلك؟

مساهمة المؤلف

مخطط المقال: KM, كتابة المقال: JA, KM

إقرار

نتوجه بخالص الشكر إلى مراجعي ومحرري هذا المقال على تعليقاتهم واقتراحاتهم المفيدة. وشكر خاص من KM لمصدر إلهامها وهما سيليلو ميتشل وجيرومي ميتشل. خالص العرفان والتقدير أيضًا لكل من ساعد في ترجمة المقالات في هذه المجموعة لتسهيل فهمها على الأطفال غير المتحدثين بالإنجليزية، ولمؤسسة جاكوبس على تمويل ترجمة المقالات. بالنسبة لهذا المقال، نشكر بشكل خاص نينكه فان اتيلفيلدت وسابين بيترز على الترجمة الهولندية.

المراجع

1. Mills, K. L., Goddings, A. L., Herting, M. M., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Crone, E. A., et al. 2016. Structural brain development between childhood and adulthood: convergence across four longitudinal samples. *Neuroimage* 141:273–81. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.07.044
2. Tamnes, C. K., Herting, M. M., Goddings, A. L., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Dahl, R. E., et al. 2017. Development of the cerebral cortex across adolescence: a multisample study of inter-related longitudinal changes in cortical volume, surface area, and thickness. *J. Neurosci.* 37, 3402–12.
3. Anandakumar, J., Mills, K. L., Earl, E. A., Irwin, L., Miranda-Dominguez, O., Demeter, D. V., et al. 2018. Individual differences in functional brain connectivity predict temporal discounting preference in the transition to adolescence. *Dev. Cogn. Neurosci.* 34:101–13. doi: 10.1016/j.dcn.2018.07.003
4. Stevenson, C. E., Kleibeuker, S. W., de Dreu, C. K. W., and Crone, E. A. 2014. Training creative cognition: adolescence as a flexible period for improving creativity. *Front. Hum. Neurosci.* 8:827. doi: 10.3389/fnhum.2014.00827
5. Telzer, E. H. 2016. Dopaminergic reward sensitivity can promote adolescent health: a new perspective on the mechanism of ventral striatum activation. *Dev. Cogn. Neurosci.* 17:57–67. doi: 10.1016/j.dcn.2015.10.010
6. Sherrod, L. 2007. "Civic engagement as an expression of positive youth development," in *Approaches to Positive Youth Development*, eds R. K. Silbereisen and R. M. Lerner (London: SAGE Publications Ltd), 59–74. doi: 10.4135/9781446213803

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 07 أبريل 2023

المحرر: Sabine Peters

'مرشدو العلوم': Carmen Flores Nakandakare و Aikaterini Dounavi

الاقتباس: Anandakumar J و Mills KL (2023) من الطفولة إلى النضج: رحلة دماغ المراهق المدهشة! Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2020.00075-ar

مُترجَم ومقتبس من: Mills KL and Anandakumar J (2020) The Adolescent Brain Is Literally Awesome. Front. Young Minds 8:75. doi: 10.3389/frym.2020.00075

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

COPYRIGHT © 2020 © 2023 Anandakumar و Mills. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا 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

ISABELLA، العمر: 13
اسمي إيزابيلا وأبلغ من العمر 13 عامًا. ولدت في نيويورك ولكن أعيش في سويسرا. أحب الفن وقراءة الكتب والغناء والرقص وعزف البيانو، ورياضتي المفضلة هي السباحة. أهتم كثيرًا بالرياضيات والطبيعة والعلوم، ولا سيما كل ما يخص الفضاء والزمن والمادة. أطمح لأكون مهندسة طيران أو مهندسة معمارية في المستقبل. لدي فضول دائمًا لتعلم المزيد حول العالم المحيط بنا.

ALINE، العمر: 13
اسمي ألين وعمري 13 عامًا. هواياتي المفضلة هي المسرح وعزف الكلارينت والرسم والقراءة وغيرها. تستهويني الأساطير اليونانية، وكتبي المفضلة هي سلسلة هاري بوتر وسلسلة بيرسي جاكسون. وأحب كثيرًا الرياضيات والعلوم.

MARILIA، العمر: 13
مرحبًا، اسمي ماريليا. عمري 13 عامًا وأحب التزلج على الجليد والجمباز الإيقاعي ولعب كرة القدم. لديّ كلب صغير أحبه كثيرًا. أحلم بأن أسافر يومًا إلى أستراليا وأرى حيوانات الكوالا. أستمتع بقضاء الوقت مع أصدقائي في السباحة أو مشاهدة فيلم معهم.

المؤلفون

KATHRYN L. MILLS
أستاذة مساعدة في قسم علم النفس في جامعة أوريغون. تُدرس تغيرات الدماغ من مرحلة الطفولة حتى البلوغ، وكيف يمكن وضع الاستراتيجيات اللازمة للنجاح في بيئتنا المحددة. تقضي

وقت فراغها بالكامل مع أسرتها، حيث يستكشفون ويستمتعون بالأماكن الرائعة حول منزلها في مدينة يوجين بولاية أوريغون. klmills@uoregon.edu*

JEYA ANANDAKUMAR
طالبة في جامعة ولاية بورتلاند في بورتلاند بولاية أوريغون. تخصصها الأساسي هو الأحياء والفرعي الكيمياء، لكنها تركز على علم الأعصاب. تشمل اهتماماتها البحثية علم الأعصاب التنموي وعلم الوراثة العصبية. وكانت في السابق من المراجعين الصغار في مجلة فرونتيرز للعقول الشابة. تحب قضاء وقت فراغها في عزف الفلوت وحضور حصص رقص.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology