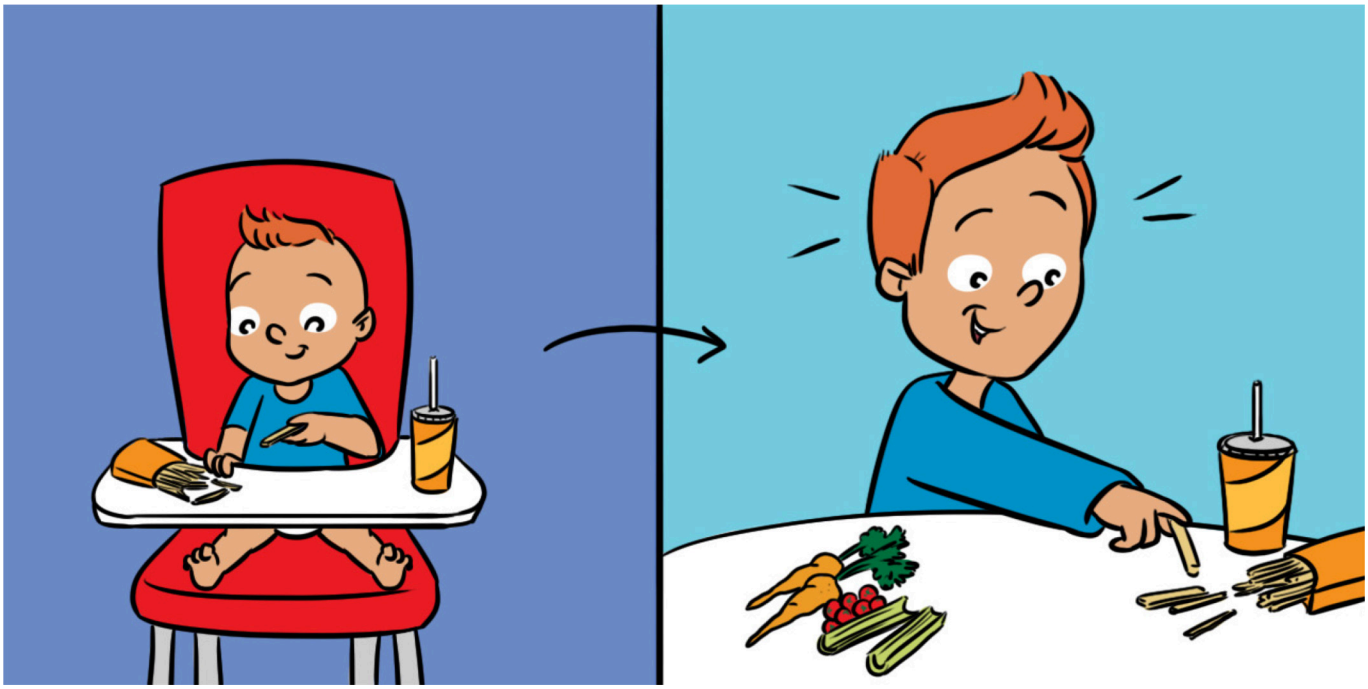
علم الأعصاب وعلم النفس
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 17 أكتوبر 2022
doi: 10.3389/frym.2018.00053-ar



النظام الغذائي وتأثيره على مخ الرضيع

Luba Sominsky and Sarah J. Spencer*
كلية دراسات الصحة والعلوم الطبية الحيوية، المعهد الملكي للتكنولوجيا، ملبورن، فيكتوريا، أستراليا

أي الوجبات الخفيفة تفضل؟ كيس رقائق البطاطس أم عيدان الجزر؟ المثلجات أم التفاح؟ قد يختار أغلبنا الوجبات السريعة. وبالرغم من أنه قد يكون مقبولًا أحيانًا أن نتناول رقائق البطاطس أو المثلجات، فإنه من البديهي أنك إذا تناولت الوجبات السريعة باستمرار، فسيزداد وزنك. أما الأمر الذي قد يجهله الجميع، فهو أن النظام الغذائي غير الصحي يمكنه أيضًا أن يغير مخك! حتى قبل ولادة الجنين، تؤثر الأطعمة التي يتناولها الوالدان على كيفية تطور المخ. ومن ثم، قمنا في هذه الدراسة باختبار ما يحدث للمخ إذا بدأنا في تناول أطعمة صحية أثناء نمو أجسادنا، بعد أن تناولنا أطعمة غير صحية في بدايات حياتنا، حيث وجدنا أن النظام الغذائي الضعيف أثناء نمو المخ يغير من قراراتنا حول الطعام. إلا أننا لا نزال قادرين على إصلاح بعض هذه الأضرار من خلال اتباع نظام غذائي صحي، وهو ما يعتبر خبرًا رائعًا بالنسبة للأطفال والبالغين الذين يعانون من مشكلات صحية نتيجة اتباع أنظمة غذائية ضعيفة في بداية حياتهم.

المراجعون الصغار

CHARLOTTE
العمر: 14

النظام الغذائي للرضيع يغير من رأيه في الطعام

يدرك العلماءُ اليوم أن النظام الغذائي في المراحل الأولى من حياة الإنسان مهم جدًا لصحتنا على المدى البعيد. فإذا كان والدك يعاني من السمنة عندما حدثت عملية الإخصاب وبدأ تكوّن الجنين داخل الرحم، أو تناولت أمك الكثير من الوجبات السريعة خلال هذه الفترة ذاتها، أو إذا بدأت تناول البطاطس المقلية وشرب المياه الغازية قبل أن تتعلم المشي، فمن شأن هذه العادات الغذائية السيئة أن تسبب الفوضى بمخك وبطريقة تفكيرك حيال الطعام. ولذلك، أردنا معرفة ما إذا كان يمكن تحويل الآثار السلبية المترتبة على ضعف النظام الغذائي في مطلع العمر من خلال الانتقال إلى نظام غذائي صحي أكثر مع التقدم في العمر، أم لا.

كيف نعرف أننا جائعون؟

سواءً أكنا أطفالًا أم بالغين، نمتلك أمخاخًا عادةً ما تكون ماهرة للغاية في إخبارنا متى نشعر بالجوع ومتى نشعر بالشبع. ولربما لاحظت أنه قبل موعد العشاء مباشرةً ينتابك شعور بالجوع، حتى وإن كنت منشغلًا في لعبة ممتعة، ولكنك عادةً لا تشعر بالجوع طوال اليوم. ويرجع السبب في ذلك إلى **هرمون** يسمى "**جريلين**" وهو هرمون يرتفع في الدم قبل مواعيد الوجبات مباشرة، أو عندما نمكث لفترات طويلة بدون طعام.

يُفرَز هرمون "الجريلين" من المعدة ويتدفق في الدم، لينهي رحلته بالوصول إلى المخ ليخبره بأن يحفز الشعور بالجوع لدى الإنسان، ومن ثم الشروع في تناول الطعام. يشبه مخ الإنسان فريق كرة القدم، حيث يؤدي كل جزء من أجزائه وظيفة معينة. وعلى الرغم من أن هذه الأجزاء تتواصل باستمرار مع بعضها البعض لتقديم دعم متبادل لإتمام وظائفها المختلفة، فإن كلًا منها له وظيفة محددة. ويسمى الجزء في المخ الذي يتواصل معه هرمون جريلين ليخبره بأننا جائعون بمنطقة **تحت المهاد (أو الوطاء)**، وهو جزء مهم للغاية. إذ تتحكم الأجزاء المختلفة من تحت المهاد في مدى شعورنا بالإرهاق، وما إذا كان لدينا قدرة على الإنجاب حينما نكبر أم لا، أو مدى شعورنا بالعطش، وكيفية نمونا وما إلى ذلك، وأيضًا مقدار شعورنا بالجوع [1].

وثمة هرمون آخر لدى الأطفال والبالغين يخبرهم بمدى شعورهم بالجوع، وهو هرمون **اللبتين** الذي يفرز من الدهون داخل الجسم ليخبر الجسم بالتوقف عن الشعور بالجوع. وعادةً ما يوجد هرمون اللبتين في كل الأوقات، فهو مثل إشارة المرور الحمراء، حيث يمنعنا من الشعور بالجوع الشديد طوال اليوم. ولكن، إذا زاد شعورنا بالجوع بشكل مفرط، تنخفض مستويات الدهون ولا تفرز مزيدًا من اللبتين، وبالتالي نشعر بالجوع الشديد مرة أخرى. يتواصل كل من الجريلين واللبتين مع منطقة تحت المهاد لضمان حصولنا على المقدار الكافي من الطعام لإبقاء مستوى طاقتنا مرتفعًا وأجسامنا صحيحةً.

الهرمون (HORMONE)
مادة تفرز من أحد أعضاء الجسم وتنتقل لعضو آخر لتخبره بما يجب فعله.

الجريلين (GHRELIN)
هو الهرمون الذي يوجه المخ لتناول المزيد من الطعام.

تحت المهاد أو الوطاء (HYPOTHALAMUS)
منطقة بالمخ مسؤولة عن التحكم في التغذية (وبعض المهام الحيوية الأخرى).

اللبتين (LEPTIN)
هو الهرمون الذي يوجه المخ للتوقف عن الطعام.

كيف يتطور شعورنا بالجوع؟

لنعد مجددًا إلى الرُّضع، لا يحتاج الأجنة في بطون أمهاتهم لتناول الطعام لتزويد أنفسهم بالطاقة، فهم يستمدون غذاءهم وطاقتهم من أمهاتهم، وهو ما يعني أن كلًا من هرمون الجريلين وهرمون اللبتين يقوم بوظيفة مختلفة أثناء فترة نمو الطفل، حيث يساعدان على نمو مخ الرضيع. ويتمتع هرمونا الجريلين واللبتين بأهمية كبيرة في الأجنة، حيث إنهما مسؤولان عن نمو **الخلايا العصبية** بين مختلف أجزاء تحت المهاد [2, 3].

الخلية العصبية (NEURON)

خلية في المخ تستقبل المعلومات من الجسم أو باقي الخلايا العصبية وهي مسؤولة عن نقل المعلومات. تتحكم الخلايا العصبية عند اجتماعها مع بعضها في كيفية استجابتنا للمعلومات وما نفكر به أو نشعر به.

الخلايا العصبية هي خلايا دقيقة في المخ تتحكم في كيفية اتصال أجزاء المخ المختلفة مع بعضها البعض، وكيفية حصولنا على المعلومات من العين والأذن والمعدة، وكيفية إيصال هذه المعلومات إلى المخ. وتبدو غالبية الخلايا العصبية مثل الأسلاك مع وجود نتوء عند أحد طرفيها (انظر الشكل 1 - صورة لبعض الخلايا العصبية الحقيقية وبعض المخططات التوضيحية لشكلها). تُستقبل المعلومة عبر النتوء الموجود على الطرف، وتنتقل أسفل السلك (المحور العصبي)، ثم تنقسم وتصل إلى الخلايا العصبية الأخرى الموجودة في الأجزاء البعيدة بالمخ.

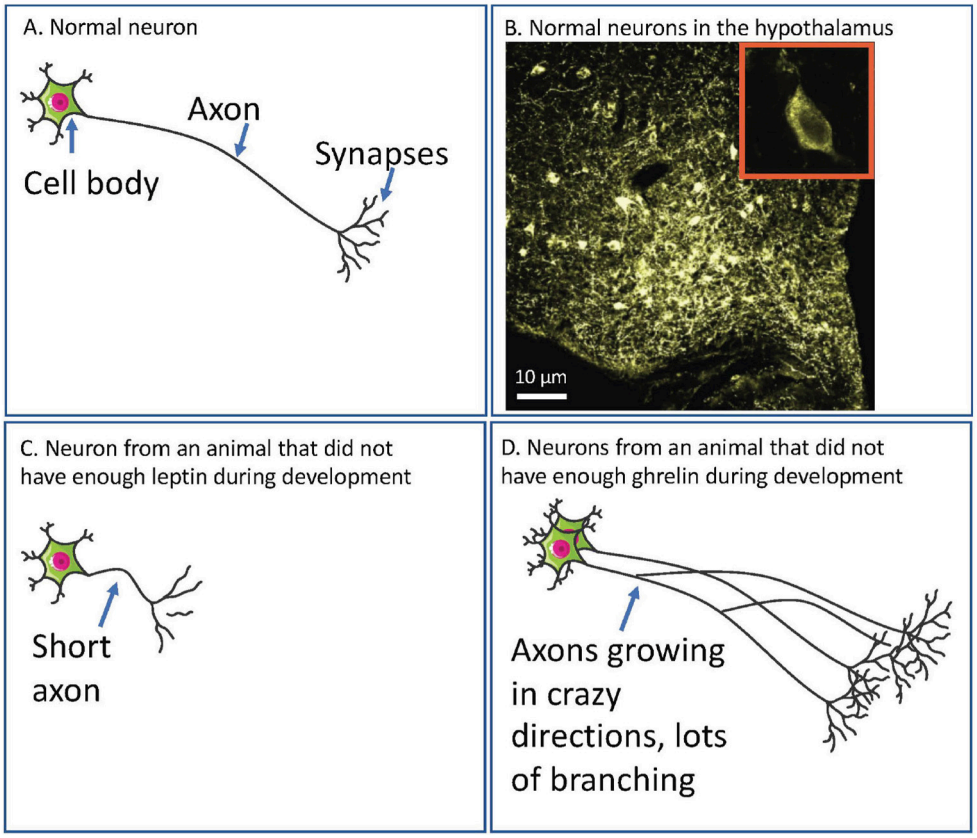
هل تعلم: أن أغلب أسلاك الخلايا العصبية (المحاور) دقيقة جدًا لدرجة أن 1000 منها يبلغ سمكه 1 ملليمتر. ويمتلك الحبار خلية عصبية ضخمة يمكن أن نراها بدون المجهر، حيث قد يصل سمك محورها العصبي إلى 1 ملليمتر، وهو ما يعادل سن قلم رصاص صغيرًا!

لا تمتلك الخلايا العصبية في الأجنة، والتي ترسل المعلومات حول الطعام والجوع (فلنطلق عليها اسم "الخلايا العصبية المغذية") محاور عصبية طويلة، لذلك لا يمكنها أن تتصل بصورة جيدة مع أجزاء المخ الأخرى. ومن الجدير بالذكر أن هرمون اللبتين يساعد في نمو هذه المحاور العصبية؛ أما الجريلين فهو يمنعها من الإفراط في النمو. وإذا لم يكن لدى الأجنة المقدار الكافي من هرمون اللبتين في هذه المرحلة، فلا يمكن لهذه الخلايا العصبية المغذية أن تنمو، وبالتالي لن تتمكن من نقل المعلومات حول شعور الجسم بالجوع أو الشبع. وإذا لم يكن لدى الأجنة المقدار الكافي من الجريلين، فستنمو هذه الخلايا العصبية المغذية بشكل مفرط (انظر الشكل 1 لمعرفة كيف يبدو الأمر داخل المخ).

وفي كلتا الحالتين، ينمو الرضيع وهو فاقد القدرة على أن يحدد مدى جوعه أو شبعه على النحو الصحيح. وتكون النتيجة الطبيعية لمثل هذه الظاهرة أن يفرط الطفل في تناول الطعام أثناء فترة نموه.

ما تأكله الأم يمكن أن يغير طريقة نمو مخ الجنين!

يدرك العلماء اليوم أن ما تأكله الأم في فترة الحمل، وما إذا كانت تعاني من السمنة أم لا، يمكن أن يغير كمية هرموني اللبتين والجريلين في الجنين، مع التأكيد على أن



شكل 1

مستويات اللبتين والجريلين قد تغير من طريقة نمو الخلايا العصبية المغذية، وتتحكم في كيفية شعور الجنين بالجوع عندما يكبر. وقد ظن العلماء في الماضي أن هذا التأثير دائم، حيث اعتقدوا أنه حينما يمر الوقت المناسب لنمو منطقة تحت المهاد بطريقة سليمة، فإنه لا يوجد ما يمكن فعله لجعل هذه الخلايا العصبية المغذية تنمو بصورة صحيحة مرة أخرى [4]. ولكن هذه التجارب قد أجريت على الحيوانات التي لا يمكنها إفراز اللبتين على الإطلاق. ومن ثم، أردنا معرفة ما إذا كان بمقدور هذه التغييرات التي تطرأ على طريقة نمو الخلايا العصبية أن تعود إلى طبيعتها الصحيحة لدى الإنسان الطبيعي من خلال اتباع نظامٍ غذائيٍ متوازن يبدأ بعد ولادة الرضيع، أم لا.

استخدام الفئران لمعرفة ما يحدث داخل المخ البشري

في أغلب الدراسات العلمية، يصعب النظر إلى داخل المخ البشري لمعرفة ما يدور بداخله، ولذلك نستخدم نماذج الحيوانات، والتي عادةً ما تكون الفئران. قد تبدو الفئران مختلفة تمامًا عن البشر، ولكن هناك الكثير من أوجه التشابه بينهما في حقيقة الأمر، حيث تستطيع الفئران أن ترى وأن تشم وأن تمشي وأن تنام، فضلًا عن شعورها بالإرهاق والخوف. كما أنها تشعر أيضًا بالجوع والشبع. ويعرف الفأر ما إذا كان جائعًا

شكل 1

(A) مخطط توضيحي لخلية عصبية عادية، حيث يستقبل جسم الخلية المعلومة من العالم الخارجي (مثل الضوء إذا كانت الخلية العصبية في عينك) أو من باقي الخلايا العصبية. ويحمل المحور العصبي المعلومة من جسم الخلية إلى المشبك العصبي. ومن ثم، تنتقل إلى باقي الخلايا العصبية أو إلى أعضاء الجسم مثل المعدة من خلال المشابك العصبية. **(B)** صورة مجهرية للخلايا العصبية في منطقة تحت المهاد في الفأر. تُظهر الصورة الكبيرة الكثير من أجسام الخلايا باللون الأصفر (النقاط المستديرة) وتشير بقع الألوان الموجودة إلى المحاور العصبية. يبلغ قطر كل جسم خلية حوالي 10 ميكرومترات (1 ملم مقسم إلى 100 قطعة). يظهر الشكل الداخلي الصغير صورة مقربة لجسم خلية واحد، حيث يمثل الشكل البيضاوي الداكن النواة والتي تحتوي على جميع المعلومات التي تستخدمها الخلايا العصبية للتواصل. **(C)** إذا افتقرت الخلايا العصبية في تحت المهاد إلى المقدار الكافي من اللبتين، لن تنمو المحاور العصبية بصورة طبيعية، وهو ما يعني أن هذه المحاور العصبية ستكون غير قادرة على نقل المعلومات المتعلقة بمدى شعور الجسم بالجوع أو الشبع بطريقة صحيحة. **(D)** إذا افتقرت الخلايا العصبية في تحت المهاد إلى المقدار الكافي من الجريلين، فإن نمو المحاور العصبية لن يتوقف عندما يكون لزامًا عليه أن يفعل ذلك، وهو ما يعني أن هذه المحاور العصبية قد تحمل الكثير من الإشارات، ومن ثم تكون الرسالة مشوشة وبالتالي لا يتمكن المخ من التواصل بصورة فعالة حول مدى الجوع أو الشبع الذي يشعر به الجسم.

أم لا من خلال اتصال كل من هرموني الجريلين واللبتين بنفس الجزء من المخ، تمامًا كما يحدث في منقطة تحت المهاد من مخ الإنسان.

ولكن يبقى هناك اختلاف رئيسي قائم بين الإنسان والفئران؛ وهو أن الخلايا العصبية المغذية في الإنسان تنمو قبل ولادة الجنين، بينما تبدأ في النمو بعد الولادة لدى الفئران. ويمكننا الاستفادة من هذا الاختلاف الرئيسي في التجارب المخبرية لقياس كيفية تأثير النظام الغذائي على الجريلين واللبتين وعلى نمو الخلايا العصبية المغذية دون التأثير على حمل الأم أو أي عوامل أخرى.

ومن ثم، أجرينا تجربة أخذنا فيها مجموعتين من الفئران الأمهات التي ولدت لتوها، وغيّرنا عدد الصغار الذي يتعين على كل أم إطعامها. وعادةً ما تلد الفئران حوالي 12 فأرًا صغيرًا (يمكن أن تسأل والدتك ماذا يعني أن تلد 12 طفلًا دفعة واحدة!). وعليه، يعتبر إطعام 12 صغيرًا أمرًا طبيعيًا بالنسبة للفأرة الأم. ولأن هذه هي الحالة الطبيعية، أطلقنا على هذه المجموعة البالغ عددها 12 صغيرًا الذين يتعين على الأم إطعامهم اسم المجموعة الضابطة. ثم قارنا الصغار في عددٍ من المجموعات التي تتكون من 12 صغيرًا (المجموعة الضابطة) بالصغار في عدد من المجموعات المكونة من 4 صغار فقط.

وقد وجدنا أنه عندما يكون هناك 4 صغار فقط، فلن يكون هناك داعٍ لخوض معركة من أجل الحصول على الطعام، ولذلك يحصل الصغار في هذه المجموعات على الطعام طوال الوقت. ونتيجة ذلك، تصاب هذه الفئران الصغيرة بالسمنة. وبعد مرور 3 أسابيع من التغذية المستمرة، كان وزن الصغار الذين يحصلون على غذاء داخل مجموعات رباعية الأفراد يزيد على الأقل بنسبة الثلث مقارنة بوزن الصغار في المجموعة الضابطة. لك أن تتخيل مدى كِبَر هذه الفئران!

ماذا يحدث لهرموني اللبتين والجريلين عندما يفرط الرضيع في الغذاء؟

أظهرت هذه الفئران مستويات مرتفعة من اللبتين، تزيد عن مستويات فئران المجموعة الضابطة بمقدار 14 مرة؛ وذلك لأن هذه الفئران البدينة قد شربت المزيد من الحليب وتناولت نسبة أكثر من الدهون! تخيل إذا كنت تحتاج إلى كوب واحد من الحليب يوميًا للحفاظ على صحتك، في حين بلغ مقدار الحليب الذي حصلت عليه الفئران في تجربتنا هذه ما يعادل 2 لتر من الحليب، بدلًا من كوب واحد! كما انخفضت معدلات هرمون الجريلين لدى هذه الفئران أيضًا؛ على الأرجح لأن أجسامها كانت تحاول أن تخبرها بأنها ليست جائعة.

ماذا يحدث لمنطقة تحت المهاد عندما يفرط الرضيع في الغذاء؟

يزداد نمو الخلايا العصبية المغذية في منطقة تحت المهاد لدى هذه الفئران ربما بسبب النسبة المرتفعة من اللبتين في أجسامها. وبالرغم من وجود الكثير والكثير من الخلايا

العصبية المغذية في تحت المهاد، فإنها لا تعمل بكفاءة. وحتى لو حصلت هذه الفئران البدينة على اللبتين، فإنه يفشل في الاتصال بالخلايا العصبية المغذية، وهو ما يعني انخفاض قدرته على إخبار المخ بأن "الطعام كافٍ أو أن عليه التوقف عن تناول الطعام"، لذلك كانت الفئران تلتهم كميات أكبر من الطعام. لم يكن الأمر مفاجئًا إذن أن هذه الفئران لم تكن قادرة على التمييز بين الشعور بالجوع والشعور بالشبع، وأنها ظلت بدينة طوال فترة نموها، أم هل كان هذا مفاجئًا...؟

النظام الغذائي الضعيف للرضع قد يُلحق الضرر بتحت المهاد... ولكن يمكن التعافي منه أثناء النمو

عندما حان وقت فطام الفئران من لبن الأم وتوجيهها إلى تناول الأطعمة الصلبة، قدَّمنا لجميع الفئران في المجموعتين (البدينة والنحيفة) طعامًا صحيًّا مناسبًا للفئران. وعلى الرغم من أن هذا الطعام يعتبر مملًا بعض الشيء؛ حيث يشبه ورق الكرتون، في حين أن الفئران تفضل تناول البرجر من حين إلى آخر، فإنه صحي للغاية بالنسبة لها، إذ يحتوي على جميع العناصر التي تحتاجها.

وبعد أن اتبع جميع الفئران هذا النظام الغذائي لمدةٍ طويلةٍ حقًا؛ أي حتى اكتمل نموها، فحصنا أمخاخ هذه الفئران، حيث كان ما وجدناه مثيرًا للاهتمام حقًا، فقد عادت جميع الخلايا العصبية المغذية إلى حالتها الطبيعية! كانت الخلايا العصبية المغذية في تحت المهاد لدى الفئران البدينة والفئران في المجموعة الضابطة متشابهة! فالفئران البالغة كانت قادرة على الاستجابة لهرمون اللبتين بنفس الطريقة التي استجابت بها الفئران النحيفة في المجموعة الضابطة.

والأمر الشيق الآخر الذي اكتشفناه هو أن تحت المهاد لدى أنثى الفأر قد عاد لحالته الطبيعية بصورة أسهل وأسرع مقارنة بما حدث لدى ذكر الفأر [5]. ولا زلنا لا نعلم السبب وراء ذلك حتى الآن.

ولكن هذه الأخبار ليست جيدة بنسبة 100% للفئران التي اتبعت نظامًا غذائيًّا ضعيفًا أثناء فترة نمو أمخاخها. حيث لاحظنا أن هذه الفئران البدينة يشتد عليها المرض عندما تصاب بالعدوى أكثر من نظيرتها النحيفة. هذا بالإضافة إلى أنها لم تكن بنفس كفاءة الفئران النحيفة أثناء بعض اختبارات الذاكرة. وعليه، فهي تظل بدينة حتى عند اتباع نظامٍ غذائيٍ صحيٍّ. ولكن الخبر الجيد في هذا الأمر أنه على الرغم من أن النظام الغذائي الضعيف من شأنه أن يضر نمو الخلايا العصبية المغذية في تحت المهاد، فإن المخ يستطيع أن يتعافى من توابع ذلك! لقد كانت النتائج التي توصلنا إليها شيقة ومشجعة للأطفال والبالغين الذين عانوا من مشكلات صحية بسبب النظام الغذائي الضعيف الذي اتبعوه في الماضي، حيث يقدم بحثنا طرحًا مفاده أن التحول إلى نظام غذائي صحي يمكنه أن يُغير بعض الأضرار التي تصيب المخ نتيجة النظام الغذائي الضعيف.

مقال المصدر الأصلي

Sominsky, L., Ziko, I., Nguyen, T. X., Quach, J., and Spencer, S. J. 2017. Hypothalamic effects of neonatal diet: Reversible and only partially leptin dependent. *J. Endocrinol.* 234:41–56. doi: 10.1530/JOE-16-0631

المراجع

1. Saper, C. B., Lowell, B. B. 2014. The hypothalamus. *Curr. Biol.* 24:R1111-6. doi: 10.1016/j.cub.2014.10.023
2. Steculorum, S. M., Collden, G., Coupe, B., Croizier, S., Lockie, S., Andrews, Z. B., et al. 2015. Neonatal ghrelin programs development of hypothalamic feeding circuits. *J. Clin. Invest.* 125:846–58. doi: 10.1172/JCI73688
3. Bouret, S. G., Draper, S. J., Simerly, R. B. 2004. Formation of projection pathways from the arcuate nucleus of the hypothalamus to hypothalamic regions implicated in the neural control of feeding behavior in mice. *J. Neurosci.* 24:2797–805. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5369-03.2004
4. Bouret, S. G., Draper, S. J., Simerly, R. B. 2004. Trophic action of leptin on hypothalamic neurons that regulate feeding. *Science* 304:108–10. doi: 10.1126/science.1095004
5. Ziko, I., Sominsky, L., Nguyen, T.-X., Yam, K.-Y., De Luca, S., Korosi, A., et al. 2017. Hyperleptinemia in neonatally overfed female rats does not dysregulate feeding circuitry. *Front. Endocrinol.* 8:287. doi: 10.3389/fendo.2017.00287

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 17 أكتوبر 2022

حرره: Daniel Hermens

مرشدو العلوم: Amanda Clacy

الاقتباس: Sominsky L and Spencer SJ (2022) النظام الغذائي وتأثيره على مخ الرضيع. Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2018.00053-ar

مُترجَم ومقتبس من: Sominsky L and Spencer SJ (2018) How Food Can Change a Baby's Brain. Front. Young Minds. 6:53. doi: 10.3389/frym.2018.00053

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 © 2018 © 2022 Sominsky and Spencer. 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

CHARLOTTE، العمر: 14
أبلغ من العمر 14 عامًا وأحب الألعاب! أعزف البيانو والمزمار إلى حد ما، وأحب الفواكه!

المؤلفون

LUBA SOMINSKY
تهتم أبحاثي بدارسة كيف أن ما نتعرض له ونحن أطفال رضَّع من شأنه أن يؤثر على صحتنا كبالغين، بما في ذلك صحة المخ وباقي الأعضاء المهمة. كما أهتم بدراسة مدى تأثر أجسامنا بالضغط والإرهاق سواءً كنا صغار أو بالغين. وبجانب العمل، أحب السفر إلى أنحاء العالم وفي أرجاء أستراليا حيث أعيش حاليًّا.

SARAH J. SPENCER
أستاذة مساعدة وباحثة في المعهد الملكي للتكنولوجيا في ملبورن، أستراليا. أدرس كيفية استجابة الجهاز المناعي للمخ للتحديات المختلفة مثل الإرهاق والنظام الغذائي. وقد عشت في نيوزيلندا وكندا وأستراليا لممارسة عملي كعالمة. وأنا شغوفة بفكرة كيف أن عملي كعالمة يتيح لي فرصة السفر والالتقاء بكثير من الناس الملهمين. لديّ طفلان رائعان، ولذلك أنا مشغولة بالمنزل طوال الوقت. *sarah.spencer@rmit.edu.au

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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