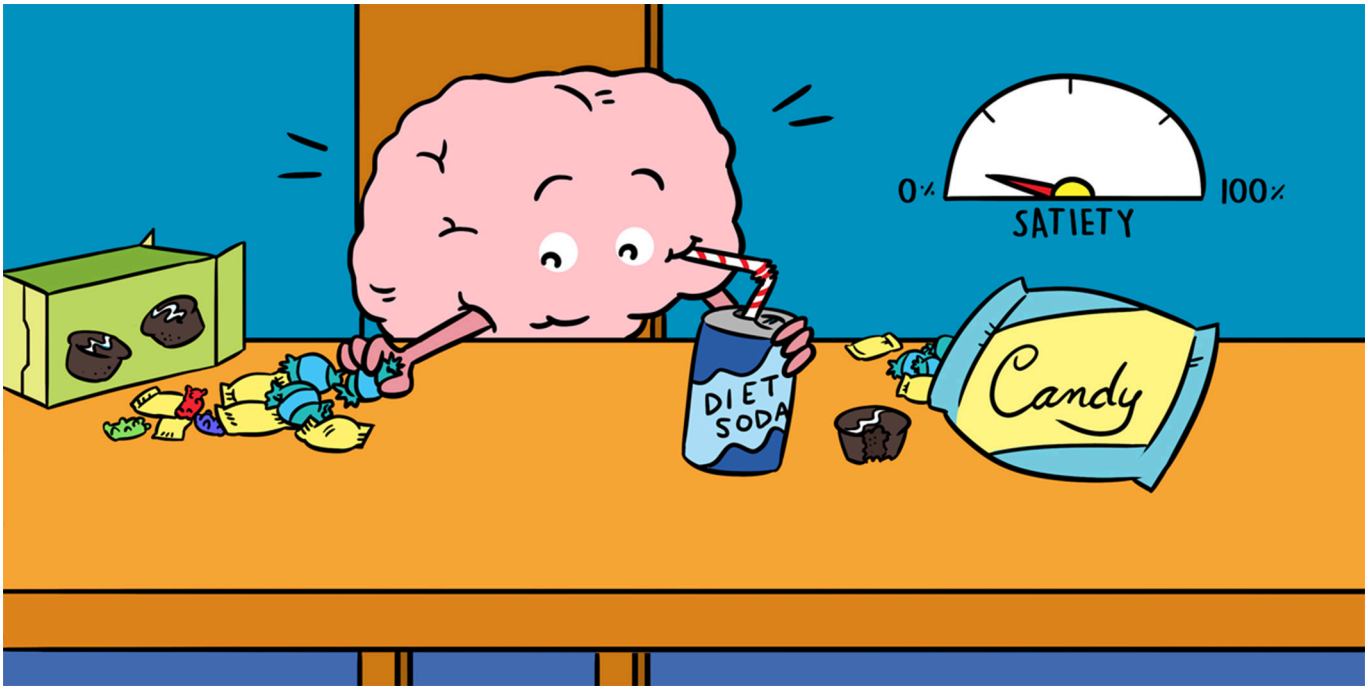
علم الأعصاب وعلم النفس
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 28 فبراير 2022
doi: 10.3389/frym.2019.00051-ar



بين الفائدة والضرر: كيف تؤثر المُحليات الصناعية على المخ والجسم؟

Hunter Myüz and Michael C. Hout*
Department of Psychology, New Mexico State University, Las Cruces, NM, United States

لماذا يبدو مذاق الأطعمة الحلوة لذيذًا بهذا القدر؟ لعلك تعرف أن السكر يمد أجسامنا بالطاقة (في شكل سعرات حرارية) وقد يكون هذا هو السبب الذي يجعلنا نشعر أنها لذيذة بهذا القدر. وعلى الرغم من أننا نحتاج إلى السعرات الحرارية، فإن الإفراط فيها يمكن أن يتسبب في زيادة الوزن، وهذا من شأنه أن يسبب أمراضًا مرتبطة بزيادة الوزن؛ مثل داء السكري من النوع الثاني، وارتفاع ضغط الدم. لذلك ابتُكرت المحليات الصناعية ليكون مذاقها مشابهًا للسكر ولكن بدون أن تحتوي على أي سعرات حرارية، وكان الهدف من هذا الابتكار توفير مادة مُحلية تمكّننا من تناول المزيد من الطعام دون الإصابة بأمراض أو زيادة الوزن. ومع ذلك، يمكن أن تخلّف المحليات الصناعية في بعض الأحيان آثارًا سلبية على الجسم والمخ لا يخلفها السكر التقليدي. حيث تختلف طريقة معالجة مخ الإنسان والميكروبات المعوية والبنكرياس للسكر الصناعي مقارنة بطريقة معالجة السكر الحقيقي، والتي قد تتسبب في النهاية في تناول المزيد من الطعام، وزيادة الوزن، وصعوبات في هضم السكر الحقيقي الذي يحتاجه جسم الإنسان. لذا ينبغي تناول المُحليات الصناعية باعتدال، لأنها "تخدع" المخ والجسم وتشعره بأنها نوع من المتعة قد يكون له بعض العواقب السلبية في بعض الأحيان.

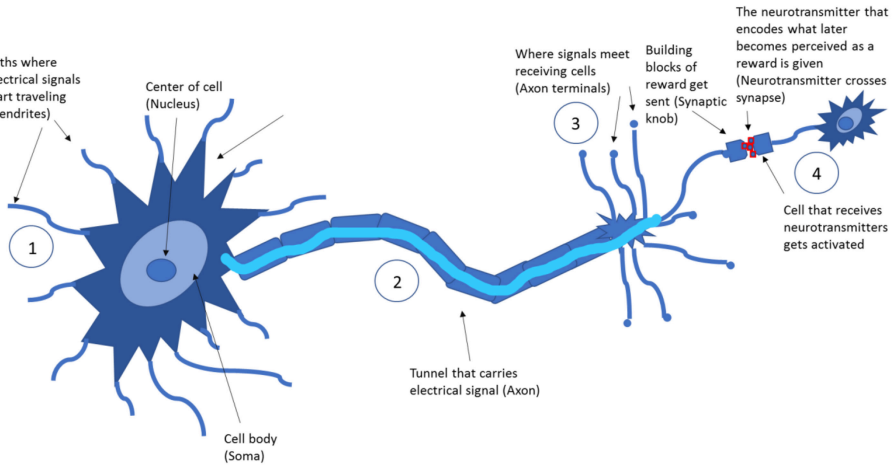
المراجعون الصغار:

VICTORIA
العمر:15

لماذا يبدو مذاق الأطعمة الحلوة لذيذًا بهذا القدر؟

لا بد أن نفهم الأسباب التي تجعلنا نحب السكر الحقيقي أولًا لنفهم ما يدفعنا لحب **المُحليات الصناعية**. يمد السكر أجسامنا بالطاقة على هيئة سعرات حرارية، لذلك، نستمتع بتناوله مثل أغلب الكائنات الحية. ويتواجد السكر بأشكال متنوعة؛ منها **الجلوكوز**، والسكروز، والفركتوز، وغيرها من الأشكال الأخرى. ويؤدي السكر إلى ارتفاع النشاط في أجزاء معينة من المخ، مما يعني أن هذه الأجزاء تصبح مستثارة نتيجة التغذية التي تصلها. وينشط المخ نتيجة النشاط الكهربائي الذي يحدث داخل الخلايا التي تسمى **الخلايا العصبية**. وتحدث جميع أنشطة المخ على هيئة تدفقات كهربائية ترسل خلال "أسلاك" أو "أنفاق" صغيرة في الخلايا العصبية تسمى محاور عصبية. وتؤدي الإشارة الكهربائية المرسلة خلال المحاور إلى إطلاق المخ لمواد كيميائية تسمى **النواقل العصبية** (انظر الشكل 1). ونستقبل "الرسائل" التي تصلنا من المخ في صورة هذه النواقل العصبية. ثم تطلق النواقل العصبية تفاعلات تؤدي إلى الكثير من الأحاسيس المختلفة التي نشعر بها، ومنها الشعور بالجوع.

ولقد أجرى العلماء دراسات شملت أشخاصًا وحيوانات على حد سواء، واكتشفوا دليلًا يثبت أن احتياجنا إلى الطاقة هو ما يدفعنا إلى حب السكريات. وعلى الرغم من أن طبيعة الإنسان قد تختلف كثيرًا عن طبيعة الحيوان، فإن العديد من الاكتشافات المهمة قد ظهرت من خلال الأبحاث التي تُجرى على الحيوانات؛ إذ إن إجراء مثل هذه الأبحاث على الإنسان إما أن يكون غير عادل أو غير آمن أو مستحيلًا. فعلى سبيل المثال، في إحدى التجارب أُعطيت مجموعة من الفئران طعامًا مُحلى بالجلوكوز (نوع من أنواع السكر)، وأُعطيت مجموعة أخرى طعامًا مُحلى بالمُحليات الصناعية. ثم مُنع الطعام عن المجموعتين مؤقتًا لإشعار الفئران بالجوع. وبعد استثارة الشعور بالجوع من خلال منع الطعام، وجد الباحثون أنه حين قُدم للمجموعتين طعامًا جديدًا مُحلى بالجلوكوز، أكلت مجموعة الفئران التي قُدم لها في البداية طعامًا مُحلى بالمُحليات الصناعية كميات أكبر بكثير من المجموعة التي قُدم لها في الأصل طعامًا مُحلى بالجلوكوز [1]. وأكلت الفئران مزيدًا من الطعام المُحلى بالجلوكوز لأنها لم تعتد على الربط بين المذاق الحلو والمحتوى المليء بالسعرات



شكل 1

المُحليات الصناعية (ARTIFICIAL SWEETENER)

مواد بديلة للسكر، حلوة المذاق، ولكن منخفضة أو منعدمة السعرات. وتصنع هذه المواد عن طريق إدخال تعديلات كيميائية على السكريات أو الأحماض الأمينية الموجودة بالفعل.

الجلوكوز (GLUCOSE)

هو السكر البسيط الذي يعد مصدرًا مهمًا للطاقة ويوجد بصورة طبيعية في الكثير من الأطعمة.

الخلية العصبية (NEURON)

الخلية العصبية (أو العصبون) التي ترسل الإشارات الكهربائية والكيميائية، وتستقبلها.

الناقل العصبي (NEUROTRANSMITTER)

مادة كيميائية تطلقها الخلايا العصبية في المخ فترسل الرسائل إلى أجسامنا وعضلاتنا.

شكل 1

خلية عصبية تتصل بخلية أخرى، والأجزاء المظللة هي الأجزاء التي تشارك في عملية انتقال "المكافأة". وتوضح النقاط المرقمة خطوات هذه العملية. الخطوة 1: تستقبل خلية عصبية سابقة النواقل العصبية عند مواقع الاستقبال (وهي أجزاء صغيرة من الخلية تشبه الآلة، وتستشعر الكهرباء، وتؤدي إلى إطلاق النواقل العصبية)، وينتج عن ذلك إطلاق جسم الخلية لجهد الفعل (أي؛ إشارة كهربائية). الخطوة 2: تنتقل هذه الرسالة الكهربائية من المحور العصبي إلى النهايات المحورية. الخطوة 3: تُطلق الخلية العصبية النواقل العصبية في الفراغ بين هذه الخلية والخلية التالية لها. الخطوة 4: يعبر الناقل العصبي الفراغ وتستقبله الخلية العصبية التالية لتبدأ العملية مرة أخرى.

الحرارية؛ بسبب أنها حصلت في البداية على طعام منخفض السعرات مُحلى بالمُحليات الصناعية. وعليه، لم تتمكن الفئران من الربط بين المذاق الحلو والتغذية.

وبالمثل، فإن حاجة الإنسان إلى السعرات الحرارية تؤثر على طريقة عمل المخ. حيث تشعر أجزاء مختلفة من المخ بالاستثارة عند تناول السكر عندما يكون الإنسان جائعًا مقارنة بالأوقات التي لا يشعر فيها بالجوع. ونعلم هذا من خلال الدراسات التي اعتمدت على تغيير مستويات الجوع لدى الأشخاص من خلال تقديم الطعام إلى المشاركين أو منعه عنهم [2]. ولسوء الحظ، فإن حبنا للسكريات قد يكون له تأثير سلبي علينا طالما أننا لسنا في موقف حياة أو موت (ولحسن الحظ أن أغلب حياتنا بعيدة تمامًا عن ذلك!)، وقد يؤدي في بعض الأحيان إلى تناول كميات تفوق احتياجاتنا من الطعام. فكلما تناولنا المزيد من السكر أو السكروز، تزداد رغبتنا في تناول المزيد منه. وينطبق هذا تحديدًا على الأطفال، لأن الأطفال تحتاج إلى كميات كبيرة من السعرات الحرارية كي تنمو وتصبح قوية بدنيًّا. وقد يستثار مخ بعض الأشخاص بدرجة أكثر من الطبيعي من خلال التشوق إلى تناول الطعام؛ مما قد يسبب إفراطًا في تناول الطعام. وربما يكون هذا الميل إلى تناول الكثير من الطعام هو ما دفع العلماء إلى ابتكار المُحليات منخفضة ومنعدمة السعرات الحرارية؛ مثل السكارين، والسكرالوز، والأسبرتام، وأسيسولفام البوتاسيوم. وبالرغم من أن المُحليات الصناعية تحتوي على سعرات حرارية أقل؛ مما قد يساعد في إنقاص الوزن وخفض سكر الدم على المدى القصير، فإنها تسبب مشكلات صحية أخرى من شأنها أن تتسبب في تحويل هذه الفوائد إلى أضرار على المدى الطويل.

هل يمكنك تخمين الأشياء التي تأكلها أو تشربها وتحتوي على السكر الصناعي؟ نعيش اليوم في عالم تكثر فيه المنتجات المحلاة بالمُحليات الصناعية؛ مثل مشروبات الطاقة، والمياه الغازية، والعلكة، وبعض المخبوزات، وحتى الكاتشاب! وإذا قررنا الاستمرار في تناول هذه المُحليات الصناعية، فمن المهم أن نعي أن أمخاخنا وأجسادنا تتأثر بها.

تفاعلات المخ مع السكر الطبيعي مقارنة بالسكر الصناعي

على الرغم من أننا قد لا نستطيع - في بعض الأحيان - التفرقة بين السكر الطبيعي والصناعي (برغم أنهما في الحقيقة مختلفان تمامًا)، فإن أمخاخنا وأجسادنا تتفاعل مع كل منهما بطريقة مختلفة. إذ تستطيع أجسامنا أحيانًا استشعار الاختلافات الدقيقة بين أنواع السكر المختلفة، وتستجيب لكل منها بطريقة مختلفة. فتتسم المُحليات الصناعية بأنها مُركّزة للغاية، ويعني ذلك أنها قد تفوق تحلية نفس الكمية من السكر الطبيعي بمقدار يتراوح من 200 إلى 13000 مرة! إلّا أن هذه المُحليات الصناعية، وإن كان مذاقها أحلى من السكر الحقيقي، فهي خالية تقريبًا من السعرات الحرارية. وقد وجد العلماء، من خلال بعض الدراسات، أن الأشخاص يفضلون طعم السكر الصناعي على السكر الطبيعي. ولكن هناك أيضًا معلومات تطرح فرضية ارتفاع نشاط المخ عند استجابته إلى السكر الطبيعي مقارنة بنشاطه عند استقبال السكارين (نوع شائع من السكر الصناعي)، ويزداد هذا التأثير زيادة كبيرة عندما يكون الإنسان جائعًا [2].

تختلف استجابة المخ والجسم لكل من المُحليات الصناعية والسكر لأن هذه المواد مختلفة عن بعضها البعض على مستوى الجزيئات المجهرية. ويمكن وصف **مسارات المكافأة** باعتبارها مسارات سباق خاصة بالخلايا العصبية داخل المخ، والتي تُطلق - عند إثارتها - مواد كيميائية تجعلنا نشعر بالسعادة (مثل الدوبامين، وهو نوع معروف من النواقل العصبية). فكم يكون إحساسنا رائعًا عندما نتناول الطعام ونحن جائعون، أو نتناول المثلجات أو البسكويت للتحلية! فتناول السكر ينشط

مسار المكافأة
(REWARD PATHWAY)

سلسلة من الروابط داخل المخ تنقل النواقل العصبية (مثل الدوبامين) التي تجعلنا نشعر بالسعادة.

مسارات المكافأة؛ مما يقدم لنا تفسيرًا، من وجهة نظر علم الأعصاب، عن أسباب حبنا لطعم السكر إلى هذا الحد. أما المُحليات الصناعية فهي تنشط مسارات المكافأة جزئيًا بسبب مذاقها الحلو (الذي نستمتع به فقط)، لكنها تفتقد إلى السعرات الحرارية التي نحتاجها لتمدنا بالطاقة [3]. ولأن المُحليات الصناعية لا تقوم بتنشيط مسارات المكافأة بصورة كاملة، فقد تحمل في طياتها نسبة ضرر؛ لأنها قد تخدع - بطريقة ما - المخ، وتُسبب بالتالي إفراطًا في تناول الطعام لكي يشعر الإنسان بالشبع، أو يشتهي تناول المزيد من المُحليات في وقت لاحق. كما يشعر الإنسان، بعد تناول المُحليات الصناعية، بمتعة أقل؛ مما يعني أن شهيته يجب أن تنخفض، إلَّا أن ما يحدث هو أنه يميل إلى تناول المزيد من الطعام ويختار الأطعمة التي تحتوي على سعرات حرارية عالية مقارنة بالأشخاص الذين لم يتناولوا السكريات، أو أولئك الذين يستهلكون السكر الحقيقي [4]. وقد تتسبب المُحليات الصناعية في أن نشتهي المزيد من السكر الحقيقي، في حين أن منع السكر والمُحليات الصناعية تمامًا من النظام الغذائي لأي شخص يمكن أن يؤدي إلى انخفاض رغبته في تناول السكريات خلال مدة تقل عن أسبوع [3].

هضم السكر الحقيقي مقارنة بالسكر الصناعي

ينتقل السكر عندما نتناوله من الجهاز الهضمي إلى مجرى الدم، فترتفع نسبة السكر بالدم. ويعد البنكرياس مسؤولًا عن وظيفة إفراز الهرمونات (مثل الإنسولين) في الدم لتنظيم مستويات السكر فيه. حيث يمكن تشبيه البنكرياس بالمصنع الذي يحوّل السكريات إلى شيء يستطيع الجسم استخدامه، ويصبح عمل المصنع بطيئًا عندما لا يمدنا السكر أو المُحلي بالطاقة اللازمة. ولا ترفع المُحليات الصناعية مستويات السكر بالدم ولا تحفز إنتاج الإنسولين كما يفعل السكر الحقيقي. وبالتالي تختلف استجابة البنكرياس تجاه المُحليات الصناعية؛ إذ إنها لا تمنح البنكرياس شيئًا يستطيع الاستجابة له في الأساس. لذلك يؤدي تناول المُحليات الصناعية إلى عدم قيام البنكرياس بعمله بصورة طبيعية، وحدوث اضطراب في مستويات الإنسولين، بالإضافة إلى تغيرات وظيفية أخرى تؤثر على عملية الأيض، وهذا قد يجعلنا معرضين لخطر الإصابة بأمراض ذات صلة؛ مثل داء السكري من النوع الثاني.

يحتوي الجهاز الهضمي للإنسان على كائنات مجهرية تساعد في تحليل الطعام الذي يتناوله. ويُطلق على هذه الكائنات مجتمعة اسم مجهريات البقعة المعوية. ويختلف تفاعل مجهريات البقعة المعوية مع كل من المُحليات الصناعية والسكر الحقيقي اختلافًا ملحوظًا. إذ تنخفض قدرة هذه الكائنات المجهرية على تحليل السكريات الحقيقية كلما ازداد تعرضها للمُحليات الصناعية. فقد أظهرت دراسة أجريت على مجموعة فئران أن تناول المُحليات الصناعية قد أدى إلى تغيرات في مجهريات البقعة المعوية؛ مما تسبب في انخفاض قدرة الفئران على هضم السكريات [5]. ويعد فقدان القدرة على تحليل السكريات أمرًا سلبيًا؛ لأن من شأن هذا التغير في مجهريات البقعة المعوية أن يغير كميات العناصر الغذائية التي يمكن أن يستمدها الجسم من الأطعمة التي نتناولها. وهذا يعني أننا قد لا نحصل على الفيتامينات والمعادن التي نحاجها حتى وإن تناولنا طعامًا صحيًّا.

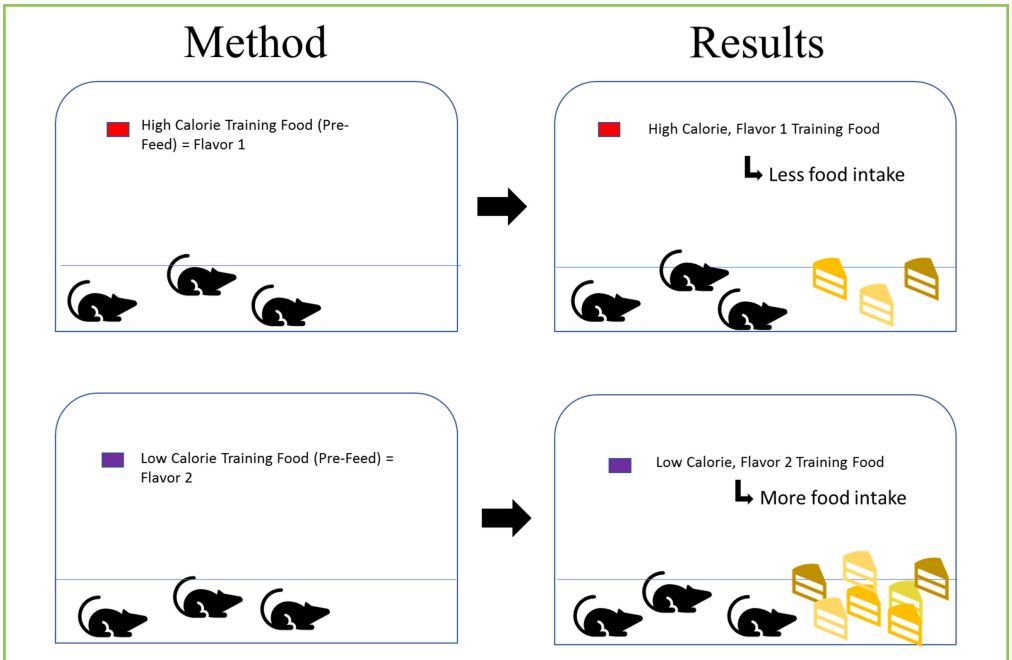
الحاجة إلى سكريات أكثر وسعرات أعلى!

لا تمد المحليات الصناعية الجسم بالسعرات أو الجلوكوز الذي يحتاجه، ولا تحفز إنتاج الإنسولين في الجسم، ويمكن أن يتسبب هذا الأمر في الشعور بالحاجة إلى تناول المزيد من السعرات الحرارية لنشعر بالشبع. حتى وإن كان المخ والجسم يعالجان كل من السكر الحقيقي والصناعي بطرق

مختلفة، فإن أي نوع من السكريات يزيد من تقبل المخ للسكريات، ورغبته في الحصول على المزيد منها [3]. وهذا يعني أنه كلما تناولت المزيد من السكريات، ترغب في تناول المزيد منها في المستقبل حتى يستشعر المخ أن هناك سكريات تحتوي على السعرات الحرارية التي يحتاجها من أجل إمداد الجسم بالطاقة [1, 3, 4]. وتعد الرغبة الشديدة في الحصول على سعرات حرارية وتناول سكريات؛ بسبب زيادة تقبل المخ للسكريات، توليفة خطيرة قد تؤدي إلى الإفراط في تناول الطعام وبالتالي زيادة الوزن غير المرغوب بها.

وتشير دراسة مهمة أجريت على الفئران إلى أن المُحليات الصناعية قد جعلت الفئران تتناول المزيد من الطعام. درّبت الفئران الكبيرة على ربط نكهة محددة بالطعام منخفض السعرات (وهو الطعام المُحلى بنوع شائع من السكر الصناعي يسمى السكارين)، وربط نكهة أخرى محددة بالطعام مرتفع السعرات. وتناولت هذه الفئران كميات أكبر من الطعام بعد تناولها وجبة أولية بنفس نكهة الطعام منخفض السعرات الحرارية (انظر الشكل 2) [3]. ويشير هذا إلى حاجة جسم الفئران إلى السعرات الحرارية والتي تعلمت كيف تقوم بتعويض نقصها من خلال تناول كميات كبيرة من الطعام.

وفي دراسة أخرى، زاد وزن الفئران التي تناولت زبادي مُحلى بالأسبرتام أو السكارين (مُحليات صناعية) مقارنة بالفئران التي تناولت زبادي مُحلى بالسكروز (سكر حقيقي) على الرغم من تساوي عدد السعرات الحرارية تقريبًا التي تناولتها المجموعتان [3]. وعلى الرغم من أن الفئران كانت تحصل بالفعل على السعرات الحرارية الكافية، فإن المُحليات الصناعية خدعت أجسامها لتظن أنها ليست سعرات حرارية! وعلى غرار الفئران الصغيرة، لوحظ في حيوانات أخرى وفي البشر أيضًا هذا الميل إلى الإفراط في تناول الطعام عندما ظنت أجسام هذه الكائنات أنها لم تحصل على السعرات الحرارية الكافية، حيث يساهم تناول المُحليات الصناعية في زيادة الوزن لدى الأطفال.



شكل 2

قُدمت للفئران أطعمة منكهة مرتفعة السعرات الحرارية لأنها مُحلاة بالجلوكوز **(بالأعلى)** أو منخفضة السعرات الحرارية لأنها مُحلاة بالسكارين، وهو مادة محلية صناعية **(بالأسفل)**. ومع الوقت، تعلمت الفئران الربط بين النكهات ومحتوى السعرات الحرارية للطعام الذي تأكله. وعندما قُدمت للفئران وجبة أولية مرتفعة السعرات الحرارية، تناولت في النهاية طعامًا إضافيًا أقل مقارنة بالمرة التي تناولت فيها وجبة أولية منخفضة السعرات الحرارية، وهذا يطرح فكرة أن أجسامها تعلمت كيف تعوض نقص السعرات الحرارية [3].

الخلاصة

قد يكون تناول المُحليات الصناعية أمرًا ممتعًا، ولكن الإفراط في تناولها (أو استبدال السكر بها بصورة كاملة) أمرًا خطيرًا، بسبب اختلاف طريقة معالجة المخ والجسم لهاتين المادتين، بالإضافة إلى المخاطر المحتملة التي تهدد صحة الإنسان عند الإفراط في تناول أي منهما. فالإفراط في استهلاك السكر الصناعي يغير من قدرة الجسم على معالجة السكر الحقيقي من خلال التغيرات التي تطرأ على مجهريات البقعة المعوية ومستويات الإنسولين. وقد يؤدي هذا بدوره إلى أضرار تصيب صحة الإنسان مثل داء السكري من النوع الثاني، وفي الوقت ذاته، تدفع هذه التغيرات الأشخاص إلى الرغبة في المزيد من السكر وتناول المزيد من الطعام وبالتالي يواجهون خطورة زيادة الوزن. فالأمر يشبه أشياء أخرى كثيرة في الحياة، إذ إن المُحليات الصناعية ليست سيئة بصورة كلية، ولكن الفيصل يكون في الاستمتاع بتناولها باعتدال!

المراجع

1. Swithers, S. E., and Davidson, T. L. 2008. A role for sweet taste: calorie predictive relations in energy regulation by rats. *Behav. Neurosci.* 122:161–73. doi: 10.1037/0735-7044.122.1.161
2. Haase, L., Cerf-Ducastel, B., and Murphy, C. 2009. Cortical activation in response to pure taste stimuli during the physiological states of hunger and satiety. *Neuroimage* 44:1008–21. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.09.044
3. Yang, Q. (2010). Gain weight by "going diet?" Artificial sweeteners and the neurobiology of sugar cravings: Neuroscience 2010. *Yale J. Biol. Med.* 83:101–8. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2892765/#!po=59.3750
4. Blundell, J. E., and Hill, A. J. 1986. Paradoxical effects of an intense sweetener (aspartame) on appetite. *Lancet* 1:1092–3. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2871354
5. Suez, J., Korem, T., Zeevi, D., Zilberman-Schapira, G., Thaiss, C. A., Maza, O., et al. 2014. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature* 514:181–6. doi: 10.1038/nature13793

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 28 فبراير 2022

حرره: Tzipi Horowitz-Kraus

مرشدو العلوم: Seydanur Tikir

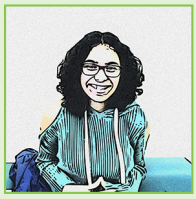
الاقتباس: Myüz H and Hout MC (2022) بين الفائدة والضرر: كيف تؤثر المُحليات الصناعية على المخ والجسم؟ Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2019.00051-ar

مُترجَم ومقتبس من: Myuz H and Hout MC (2019) Trick or Treat? How Artificial Sweeteners Affect the Brain and Body. Front. Young Minds 7:51. doi: 10.3389/frym.2019.00051

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 © 2019 © 2022 Myüz and Hout. 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



VICTORIA, العمر: 15
أدرس المسرح الموسيقي وأدرس حاليًا الكيمياء أيضًا. وعلم الفلك وعلم الأعصاب هما فرعا العلوم الأقرب إلى قلبي.

المؤلفون

HUNTER MYÜZ
باحثة في مجال علم النفس التجريبي، وتدرس الدين، والتعصب، وعلم الإحصاء، وضعف السمع والأنظمة اللمسية. وتعمل باستمرار على تحسين مهاراتها كمبرمجة، وعالمة إحصاء، وعازفة بيانو، وحائكة. وتستمتع كثيرًا بمشاهدة أفلام الرعب وتحب الكلاب والرقم 42.

MICHAEL C. HOUT
أعمل أستاذًا مساعدًا في قسم علم النفس بجامعة ولاية نيومكسيكو، ومحررًا مساعدًا في دورية الانتباه والإدراك والفيزياء النفسية. تركز أبحاثي على موضوعات مختلفة، ولكني أدرس في المقام الأول البحث البصري (كيف يجد الأفراد الأشياء)، وحركات العين (بأي اتجاه نحرك أعيننا، ولماذا؟). في وقت فراغي المحدود، أحب أن ألعب مع كلبي، وأذهب في رحلات بالدراجة النارية، وأحب النزهات والسفر ولعب رياضة الهوكي. mhout@nmsu.ed*

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by
جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology