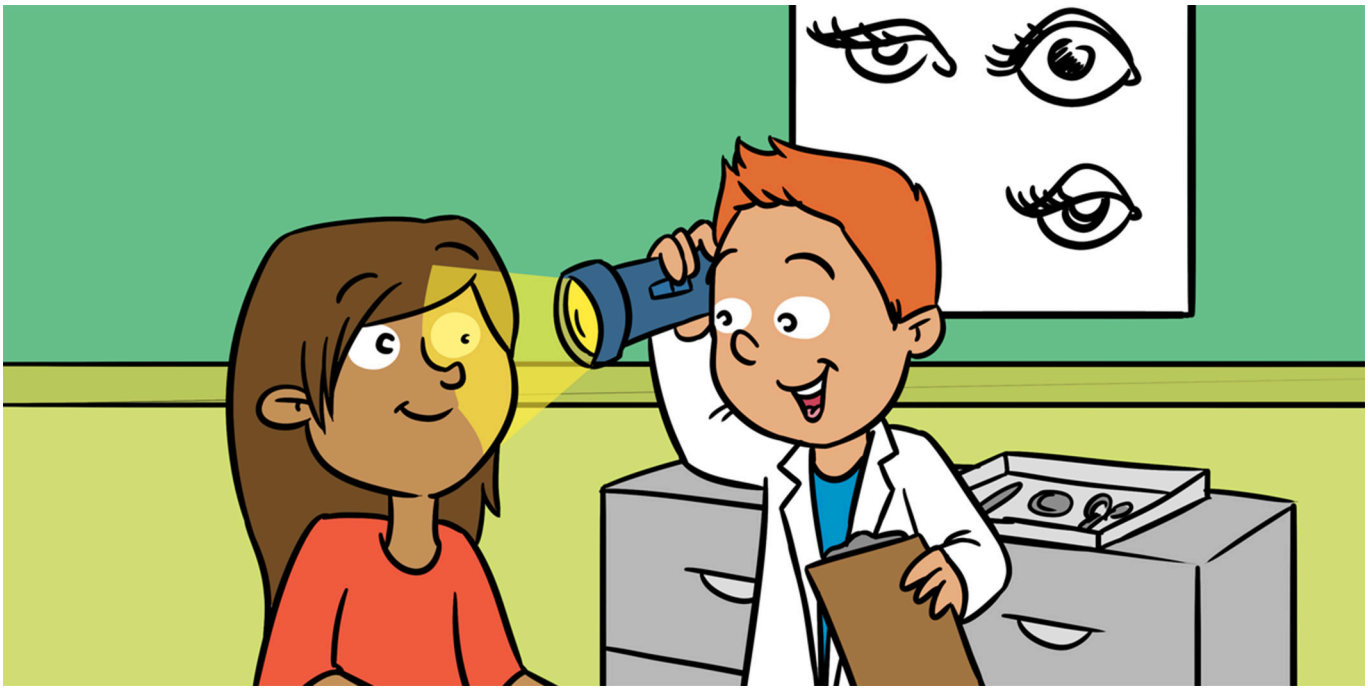
علم الأعصاب وعلم النفس
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 07 أبريل 2023
doi: 10.3389/frym.2019.00003-ar



حدقة العين: نافذة على العقل!

Alexis Torres* و *Michael C. Hout*
قسم علم النفس، جامعة ولاية نيومكسيكو، لاس كروسيس، نيومكسيكو، الولايات المتحدة

الحدقة هي الثقب الواقع في وسط عينك، وهي تساعدك على جمع المعلومات من العالم المحيط بك. ولكن الحقيقة التي لا يعرفها الكثيرون أنه من خلال دراسة آلية اتساع الحدقة وانقباضها استجابةً لمحفزات معينة، يمكن للعلماء جمع معلومات في غاية الأهمية حول ما يدور في الدماغ. عندما تكون البيئة ساطعة، تنقبض الحدقة، بينما تتسع عندما تكون البيئة خافتة. ولكن هذه الاستجابات البيئية، مثل الاستجابة للضوء، ما هي إلا طرف الخيط. فتستجيب الحدقة أيضًا عندما يتناول الناس عقاقير معينة أو عندما تنتابهم انفعالات قوية أو عندما يستعيدون ذكرى ما أو عندما يركزون أو يفكرون بجدية في شيء ما. في هذا المقال، سنناقش كيف تؤدي الحدقة وظائفها وكيف تستجيب للمحفزات البيئية وكيف تعكس تفاعلاتها المعالجة المعرفية، أي العمليات الداخلية والحسابية الدائرة في العقل. وكما سنرى معًا، يمكن لهذا الثقب الصغير في وسط العين أن يخبرنا الكثير حول ما يجري في الدماغ.

إن الثقب الموجود في وسط العين يسمح بدخول الضوء فيها، ما يمكّنك من جمع المعلومات حول العالم المحيط بك ولكن العكس صحيح أيضًا، إذ يمكن جمع معلومات

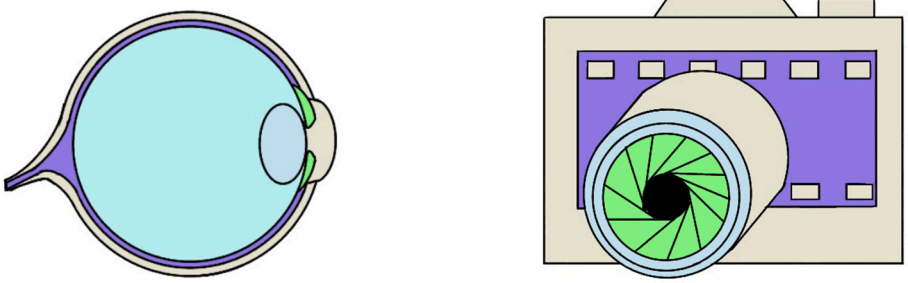
المراجعون الصغار

JACOB
العمر: 11

حول ما يجري في الدماغ استنادًا إلى سلوك الحدقتين. *والحدقة* هي الثقب الواقع في وسط العين الذي يبدو كنقطة سوداء يحيطها الجزء الملون من العين وهي *الشبكية*. أما القزحية، فهي عضلة في العين تقوم بدور البؤرة في الكاميرا (انظر شكل 1). تستجيب القزحية لمقدار الضوء الذي يدخل العين من خلال تعديل حجم وقُطر الحدقة (الفتحة) للسماح بدخول الكمية المناسبة من الضوء في العين (الكاميرا). يتنقل الضوء عبر السائل الكائن في العين ويتم امتصاصه بعدئذ في الجزء الخلفي من العين، في منطقة معروفة باسم *الشبكية*. الشبكية مغطاة بخلايا متخصصة اسمها *مستقبلات الضوء* (تخيل هذا الجزء من العين كفيلم الكاميرا الذي يتم فيه التقاط الصورة). تجمع مستقبلات الضوء المعلومات من الضوء وترسلها إلى الدماغ ليتم تحويلها إلى الصورة التي تراها.

الحدقة (البؤبؤ) (PUPIL)

الثقب الموجود في وسط القزحية والذي يسمح بدخول الضوء إلى العين



شكل 1

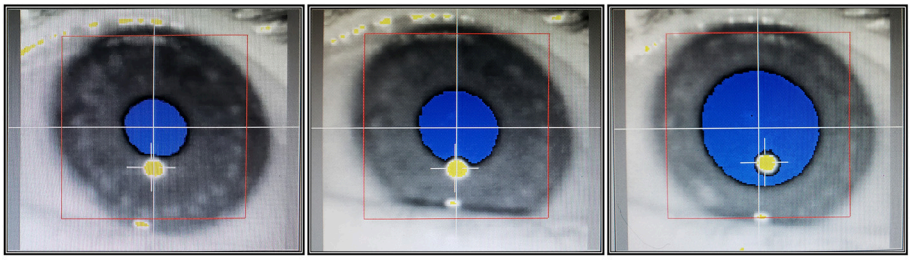
يمكن مقارنة الكاميرا بالعين، فالقزحية (تظهر باللون الأخضر في مقدمة العين وتحيط بالحدقة) تشبه بؤرة الكاميرا (تظهر باللون الأخضر في مقدمة عدسة الكاميرا) والحدقة (الثقب الصغير في وسط العين) يشبه فتحة الكاميرا (الفتحة السوداء في وسط عدسة الكاميرا التي تسمح بدخول الضوء). وتعدّل القزحية/البؤرة حجم الحدقة/الفتحة للسماح بدخول القدر المناسب من الضوء في العين/الكاميرا. يتم امتصاص/التقاط الضوء في الجزء الخلفي من العين/الكاميرا من خلال الشبكية/الفيلم (تظهر الشبكية باللون الأرجواني في الجزء الخلفي من العين ويظهر الفيلم باللون الأرجواني في الكاميرا خلف العدسة).

كيف تعمل الحدقة؟

عندما تكون الإضاءة شديدة، تستجيب القزحية من خلال *الانقباض*، ما يجعل الحدقة أصغر، فيدخل القليل من الضوء إلى العين. عندما تكون الإضاءة خافتة، تستجيب القزحية من خلال *الاتساع*، ما يجعل الحدقة أكبر في الحالات التي تستدعي رؤية المزيد من الضوء. وهذا يسمى *منعكس الحدقة تجاه الضوء* [1]. *الجهاز العصبي الذاتي* هو جزء الجهاز العصبي المسؤول عن العمليات اللاواعية واللاإرادية، وهي عمليات لا يمكننا التحكم فيها بإدراك، مثل نبضات القلب والهضم. وهذا الجهاز مسؤول أيضًا عن منعكس الحدقة تجاه الضوء. إذًا يمكن اعتبار استجابات الحدقة جزئيًا كاستجابات جسدية لاإرادية أو لاواعية لظروف الإضاءة، ولكن هذا مجرد جزء صغير من واقع الأمر (انظر شكل 2).

وفقًا للوصف أعلاه، استجابة الحدقة عبارة عن عملية *معالجة من أسفل إلى أعلى*. تخيّل المعالجة من أسفل إلى أعلى على أنها معالجة للمعلومات (أي الضوء أو الصوت أو الضغط أو الحرارة أو المواد الكيميائية) من الجسم "صعودًا" إلى الدماغ.

في المعالجة من أسفل إلى أعلى، تدخل المعلومات الجسم من خلال الأعضاء الحسية (العينان والأذنان والجلد والفم والأنف) "بالأسفل". ثم يُصعد بالمعلومات لتتم معالجتها في الدماغ "بالأعلى"، لتكوين تفسير (أي *إدراك*) للمعلومات أو ذكرى لها أو



A constricted pupil following exposure to a bright flash light.

The pupil at rest in normal indoor lighting conditions.

A dilated pupil following a period of rest in a dark room.

شكل 2

شكل 2

في هذا الشكل، تظهر حدقة الشخص نفسه في ثلاث حالات مختلفة. التُقطت الصور باستخدام جهاز لتتبع حركة العين، وتشير المساحة الزرقاء إلى موقع وحجم الحدقة. في الصورة بالمنتصف، تظهر حدقة الشخص في حالة السكون بعد التعرض لظروف إضاءة داخلية عادية. في الصورة على اليسار، تظهر الحدقة منقبضة (أقل حجمًا) بعد التعرض لمصباح يدوي ساطع. في الصورة على اليمين، تظهر الحدقة متسعة (أكبر حجمًا) بعد فترة جلس فيه الشخص في غرفة مظلمة.

تفكير آخر عالي المستوى. واستجابات الحدقة للضوء تُعتبر معالجة من أسفل إلى أعلى لأنها ناتجة عن المحفزات الخارجية (مستوى شدة معين للضوء الداخل إلى العين) التي تتم معالجتها في الدماغ ثم إدراكها (يتم إدراك أن شدة الضوء عبارة عن سطوع). وهنا، يرسل الدماغ إشارات إلى القزحية، ما يؤدي إلى انقباضها أو اتساعها، حسب مدى سطوع الضوء [2]. إذن من المنطقي أن تستجيب الحدقة فقط لظروف الإضاءة لأن التحكم في مقدار الضوء هو الغرض الرئيسي من الحدقة على ما يبدو. ولكن لا يمكننا الجزم بصحة هذه العبارة تمامًا، فمن خلال دراسة استجابات الحدقة، ندرك الآن أنها يمكن أن تزودنا بمعلومات عن أنشطة دماغية أكبر تعقيدًا بكثير.

لا يقتصر الأمر على مدى السطوع فقط

قياس حدقة العين هي طريقة لدراسة التغيرات في حجم الحدقة استجابةً لأنواع مختلفة من التحفيز. من خلال قياس حدقة العين، اكتُشفت علاقة أخرى *من أعلى إلى أسفل* بين استجابات الحدقة وعدة عمليات عقلية تكون معقدة كثيرًا في بعض الأحيان [1]. ويمكن تخيل المعالجة من أعلى إلى أسفل على أنها إرسال معلومات عالية المستوى من الدماغ "هبوطًا" إلى الجسم. في الجزء المتبقي من المقال، سنخبرك عن العلاقة المدهشة وغير المتوقعة بين ثقب العين هذا والعمليات الداخلية في العقل: وعلى وجه الخصوص الإدراك والاستجابات الانفعالية والعبء المعرفي.

قياس حدقة العين (PUPILLOMETRY)

دراسة وقياس قُطر الحدقة وكيفية استجابتها للمحفزات البيئية والعمليات العقلية

العبء المعرفي (COGNITIVE LOAD)

مقدار الجهد العقلي المبذول أثناء معالجة المعلومات

الإدراك: التفكير في الضوء

اكتشف العلماء مؤخرًا أن الحدقتين تستجيبان للمحفزات التي *تدل ضمنًا* على ظرف إضاءة بنفس الطريقة التي تتفاعل بها عندما تحدث تغيرات *حقيقية* في ظروف الإضاءة. لشرح الأمر ببساطة، نقول إنه حتى عندما لا يحدث تغير في السطوع الفعلي لمحفز ما، قد تستجيب حدقة الشخص من خلال الانقباض لأن هذا المحفز يشير *في العادة* إلى وجود إضاءة ساطعة. على سبيل المثال، عرضت تجربة بيندا وآخرين [3] على المشاركين صور ساطعة بالقدر نفسه للشمس والقمر ونعرف بالطبع أنها تكون ساطعة أو خافتة في العادة، بالإضافة إلى صور مشوشة لم يظهر فيها أي شيء محدد. وكانت هذه الصور الأخيرة إما "متوسطة الإنارة" أو "مشوشة"، وعلى عكس صور الشمس

والقمر، لم تتضمن هذه الصور عمدًا أي معنى حتى تُعزى أي استجابة من الحدقة إليها إلى سطوعها فقط، وليس إلى *دلالتها الضمنية* على ظرف إضاءة. كانت الصور متوسطة الإنارة بنفس اللون، كما تساوت مع الصورة الكلية للشمس في المتوسط الإجمالي للسطوع واللون. يمكن تخيل الصور المشوشة للشمس على أنها أحجية صور مقطوعة تختلط فيها كل القطع. كانت هذه الصور ساطعة إجمالاً في المتوسط كالصورة الأصلية للشمس، ولكن تم تشويش أجزاء من هذه الصور حتى لا تشبه صورة الشمس.

بهذه الطريقة، اختلفت الأنواع الأربعة من الصور في مغزاها وليس في السطوع، ما يجعل أي اختلاف ملحوظ في اتساع الحدقة ناتجًا عن شيء آخر غير الاختلافات في السطوع. اكتشف الباحثون تفاعل الحدقتين لدى المشاركين مع صور الشمس (الساطعة للغاية في العادة) من خلال الانقباض. ولكن صور القمر والصور التي لم يظهر بها شيء محدد لم تؤدّ إلى انقباض حدقة المشاركين، على الرغم من أنها كانت بنفس سطوع صورة الشمس. بالمثل، وجدت دراسة ماثيوت وآخرين [4] أن حدقة المشاركين انقبضت عند تعرضها لكلمات (مسموعة ومرئية) عبرت عن مفهوم الضوء وأن الحدقة اتسعت عند التعرض لكلمات تحمل معنى الظلام. لذا يبدو أن فهم مصطلحي الضوء أو الظلام أو التفكير فيهما كافيان لتوليد نفس الاستجابة من الحدقتين تمامًا مثل الضوء والظلام الفعليين. نستنتج من هذا أن الحدقتين قد تستجيبان للمعلومات البيئية المعالَجة من أسفل إلى أعلى وكذلك قد تتحفزان بعمليات المعالجة من أعلى إلى أسفل أو المعلومات الواردة من الدماغ بدلاً من البيئة.

الاتساع (DILATION)
ارتخاء عضلي في القزحية، ما يسبب تزايد قُطر الحدقة

مرآة الانفعال هما العينان

يتحفز نشاط الحدقة أيضًا بأجزاء الدماغ المعنية بعمليات المعالجة عالية المستوى، مثل الانفعال والمعرفة (التفكير). ويمكن أن يزيد اتساع الحدقة بسبب النشاط في أجزاء الدماغ التي تساعدنا على الشعور بالانفعالات، كما يمكن أن ينتج اتساع الحدقة عن أشياء في البيئة تتسبب في استجابات انفعالية إيجابية أو سلبية. على سبيل المثال، عرضت دراسة بارتالا وسوراكا [5] على المشاركين سلسلة من الأصوات وراقبت الحدقتين لدى المشاركين أثناء استماعهم لهذه الأصوات.

بعد عرض كل صوت، قام المشاركون بتقييمه على أنه إيجابي أو سلبي أو محايد من الناحية الانفعالية. بالنسبة للأصوات التي تم تقييمها على أنها إيجابية (مثل ضحك طفل رضيع) أو سلبية (مثل بكاء طفل أو شجار بين زوجين)، فقد تسببت في زيادة اتساع الحدقة مقارنةً بالأصوات المحايدة (مثل ضجيج الخلفية في مكتب) التي لم تؤثر بشكل كبير على حجم الحدقة.

المعرفة: التفكير بتمعن

إذا حاولت القيام بشيء مختلف، شيء لم يسبق لك فعله، عليك بذل المزيد من الجهد العقلي للقيام بهذه المهمة، ما يعني لزوم التفكير بتمعن. ينتج الاتساع الزائد في

الحدقتين أيضًا من هذه الزيادة في الجهد العقلي، وهو ما يشار إليه في الغالب باسم *العبء العرفي*. عندما تستمر الزيادة في العبء المعرفي لفترة، يتواصل اتساع الحدقتين أيضًا لفترة، ما يشير إلى أن هذا الشخص ما زال يفكر في المهمة الصعبة ويصب انتباهه عليها. يرتبط العبء المعرفي الزائد بأجزاء في الدماغ مسؤولة عن الانتباه المستمر، وتقع في الفص الجبهي للدماغ (خلف الجبين). يُلاحظ هذا التزايد في اتساع الحدقة نتيجة العبء المعرفي الزائد عند قيام الأفراد بمهام صعبة. فالمهام مثل حل مسائل الحساب الصعبة أو حفظ مجموعات كبيرة من المعلومات أو العد التنازلي بطرح 7 تؤدي إلى زيادة في العبء المعرفي، ما يتسبب في اتساع الحدقة أكثر [2].[1]

عند استخدام اتساع الحدقة كمؤشر على زيادة العبء المعرفي، وجدت دراسات الذاكرة أن العبء المعرفي يزيد عند حفظ المعلومات وتذكرها والتعرف عليها، وأنه يتضاعف مع المحتوى الأكثر صعوبة. على سبيل المثال، في دراسة بابيش وآخرين [6]، لوحظت زيادة كبيرة في العبء المعرفي عندما طولب المشاركون بحفظ كلمات مصطنعة (مثل *كاير*) واسترجاعها من الذاكرة، مقارنةً بكلمات حقيقية. وجد الباحثون أنه عند توظيف المزيد من الجهد العقلي لحفظ المعلومات، كان يتم تذكرها بصورة أفضل لاحقًا. والجانب الأهم هنا هو ارتباط هذا الأمر باتساع الحدقة أيضًا، فكلما كانت الذاكرة أقوى، اتسعت الحدقة أكثر في الغالب.

تنطبق هذه النتائج أيضًا على قدرة الأطفال على استخدام الذاكرة قصيرة المدى، أي الذاكرة التي نستخدمها عند محاولة تذكر معلومات لفترة قصيرة. تخيّل على سبيل المثال أنك سمعت عربة المثلجات، فتعرض بسخاء أن تشتري منه لثلاثة من أصدقائك. إذا حاولت تذكر نوع المثلجات التي يريدها كل واحد منهم حتى تركض إلى العربة وتشتريها، فأنت تستخدم الذاكرة قصيرة المدى للاحتفاظ بهذه المعلومات. في دراسة جونسون وآخرين [7] جرى بحث حول الذاكرة قصيرة المدى من خلال مهمة قام فيها المشاركون بحفظ سلاسل طويلة من الأرقام ثم تسميعها فورًا. راقب الباحثون حدقتي كل مشارك لملاحظة زيادة اتساعهما وثباته، حيث ساعدهم هذا على معرفة الأوقات التي كان يحفظ فيها المشاركون المعلومات وتلك التي لم يحدث فيها ذلك. بعد حفظ ستة أرقام، بدأت حدقتا المشاركين الأطفال في الانقباض، بينما ظلت حدقتا المشاركين البالغين متسعتين. دلّ هذا على أن الستة أرقام كانت الحد الأقصى الذي يمكن للأطفال حفظه، فتوقفوا عندئذ عن الحفظ، على عكس البالغين. أثبتت هذه الدراسة التي تم فيها قياس حدقة العين أن الأطفال لديهم ذاكرة قصيرة المدى أقل سعةً من البالغين.

يكمن الاختلاف بين استجابات الحدقتين التي تحدث أثناء العبء المعرفي واستجابات الحدقتين أثناء الإدراك والانفعال، في أن العبء المعرفي هو السبب في كل من انقباض الحدقتين *وكذلك* اتساعهما. فالحدقتان تتسعان أثناء معالجة المعلومات *أو* تذكرها، لأن هاتين العمليتين صعبتان من الناحية المعرفية. ثم تنقبض الحدقتان في الغالب عند نقل المعلومات، لأن العبء المعرفي ينخفض فور تذكر المعلومات بنجاح. وفي النهاية، تعود الحدقتان إلى الحجم المتوسط عند اكتمال المعالجة العقلية [2]. بالتالي، تفيدنا

[1] يمكنك اختبار ذلك بنفسك: اطلب من صديق التواصل بالعينين معك (قد يكون هذا الجزء الأصعب لأنه طلب محرج بعض الشيء)، ثم اطرح عليه أسئلة رياضيات سهلة (ما حاصل جمع 2 + 2، 1 + 1 ...؟). لن تلاحظ تغيرًا في اتساع الحدقة. والآن اطرح عليه سؤال رياضيات صعبًا (مثلاً، حاصل ضرب 53 في 87)، وقد تلاحظ زيادة مفاجئة في اتساع الحدقة. إذا كان باستطاعة صديقك حل المسألة أو توقّف لمحاولة حلها، قد تلاحظ عودة حدقتيه إلى الحجم الطبيعي.

الانقباض (CONTRACTION)
شدّ عضلي في القزحية، ما يسبب صغر قُطر الحدقة

مراقبة اتساع الحدقتين في تتبع الحالات التي نبذل فيها جهدًا أكبر في التفكير، من بدء معالجة المعلومات حتى نقلها في النهاية.

الخاتمة

قد يكون اتساع الحدقة طريقة غير معتادة لفهم العقل البشري، ولكنها مفيدة حقًا، إذ يمكن استخدامها لدراسة فئات مختلفة، مثل الرضع أو الأطفال أو الأفراد المصابين باضطرابات عقلية أو الذين يعانون من صعوبات في التواصل. ومن خلال دراسة الحدقة، يمكننا الاستفادة من حقيقة أن العين امتداد للدماغ. فكما قال إيكهارد هيس [8]: يبدو الأمر كما لو كان الطبيب النفسي ينظر إلى جزء من الدماغ من خلال العينين.

المراجع

1. Sirois, S., and Brisson, J. 2014. Pupillometry. *Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci.* 5:679–92. doi: 10.1002/wcs.1323
2. Steinhauer, S. R., Siegle, G. J., Condray, R., and Pless, M. 2004. Sympathetic and parasympathetic innervation of pupillary dilation during sustained processing. *Int. J. Psychophysiol.* 52:77–86. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2003.12.005
3. Binda, P., Pereverzeva, M., and Murray, S. O. 2013. Pupil constrictions to photographs of the sun. *J. Vis.* 13:8. doi: 10.1167/13.6.8
4. Mathôt, S., Grainger, J., and Strijkers, K. 2017. Pupillary responses to words that convey a sense of brightness or darkness. *Psychol. Sci.* 28:1116–24. doi: 10.1177/0956797617702699
5. Partala, T., and Surakka, V. 2003. Pupil size variation as an indication of affective processing. *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 59:185–98. doi: 10.1016/S1071-5819(03)00017-X
6. Papesh, M. H., Goldinger, S. D., and Hout, M. C. 2012. Memory strength and specificity revealed by pupillometry. *Int. J. Psychophysiol.* 83:56–64. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2011.10.002
7. Johnson, E. L., Miller Singley, A. T., Peckham, A. D., Johnson, S. L., and Bunge, S. A. 2014. Task-evoked pupillometry provides a window into the development of short-term memory capacity. *Front. Psychol.* 5:218. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00218
8. Hess, E. H. 1965. Attitude and pupil size. *Sci. Am.* 212:46–54. doi: 10.1038/scientificamerican0465-46

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 07 أبريل 2023

المحرر: Alessandro Antonietti

'مرشدو العلوم': Elizabeth Johnson

الاقتباس: Hout MC وTorres A (2023) حدقة العين: نافذة على العقل!
Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2019.00003-ar

مُترجَم ومقتبس من: Torres A and Hout MC (2019) Pupils: A Window Into the Mind. Front. Young Minds 7:3. doi: 10.3389/frym.2019.00003

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 © Hout 2023 و Torres. 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

JACOB، العمر: **11**
الرياضات المفضلة لي هي كرة القدم والبيسبول وكرة السلة والتنس. شركة السيارات التي أفضلها هي تسلا والتي تصنع سيارات كهربائية. مطعمي المفضل للوجبات السريعة هو برجر كينج. أما مطعمي المفضل للوجبات غير السريعة، فهو مطعم موون ستار الصيني.

المؤلفون

ALEXIS TORRES
أنا فنية مختبرات في مختبر سيرانو لعلوم البيولوجيا العصبية في جامعة ولاية نيومكسيكو. كرست الكثير من وقتي خلال دراستي الجامعية للأبحاث، وأتمنى مواصلة هذا الطريق. حصلت للتو على درجة البكالوريوس في علم النفس والفلسفة، وأطمح لمتابعة مسيرتي العلمية، لذا قدّمت في برامج أبحاث الدكتوراه في علم الأعصاب المعرفي. في وقت فراغي، أحب المشي لمسافات طويلة ومشاهدة الكثير من المسلسلات التلفزيونية وقراءة الكتب واللعب مع كلبي العزيز من سلالة بيغل تيرايز.

MICHAEL C. HOUT
أنا أستاذ مشارك في قسم علم النفس في جامعة ولاية نيومكسيكو، كما أنني محرر مشارك في دورية (الانتباه والإدراك والفيزياء النفسية). أدرس في أبحاثي العديد من الأشياء المختلفة، وعلى رأسها البحث البصري (كيفية بحث الناس عن الأشياء) وحركات العين (اتجاه حركة العينين وسببها). في وقت فراغي الضيق للغاية، أحب اللعب مع كلابي والتجول بدراجتي النارية والمشي مسافات طويلة والسفر ولعب الهوكي. mhout@nmsu.ed*

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