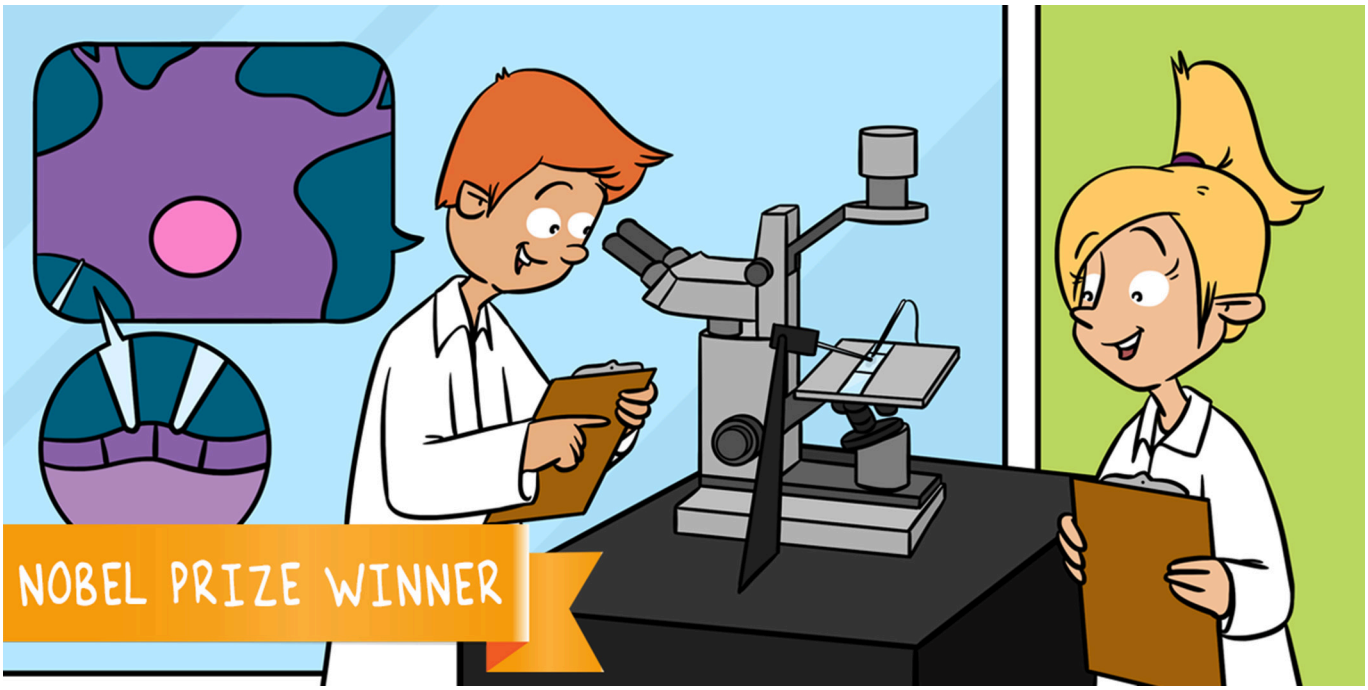
علم الأعصاب وعلم النفس
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 30 أبريل 2024
doi: 10.3389/frym.2022.858193-ar



سبر أغوار الدماغ: فك شفرة النشاط الكهربي

Bert Sakmann *
معهد ماكس بلانك للبيولوجيا العصبية، ميونيخ، ألمانيا

يُعد فهم الاتصال بين الخلايا العصبية في الدماغ أحد العوامل الأساسية لفهم كيفية عمل الدماغ. ويتضمن هذا الاتصال الرسائل الكيميائية التي ترسلها إحدى الخلايا والتي تُترجم إلى نشاط كهربائي في الخلية المُستقبلة لهذه الرسائل. وهذا النشاط الكهربائي هو اللغة الأساسية التي تتحدثها الخلايا العصبية ويتحدثها الدماغ برمته. ولكن، كيف يمكن لرسالة كيميائية تنطلق في خليةٍ ما أن تؤدي إلى نشاط كهربائي في خلية عصبية أخرى؟ وكيف اكتشفنا ذلك؟ دعونا نغوص معًا في العالم الكهربائي المثير لتواصل الخلايا العصبية في محاولة لسبر أغواره. سأطلعكم على تجاربنا، التي بفضلها تمكننا من إيجاد المكون الأساسي للنشاط الكهربائي في الدماغ؛ ألا وهو القنوات الأيونية. لقد مهّد لنا اكتشاف القنوات الأيونية الطريق نحو فهم أصل النشاط الكهربائي في الدماغ والأعضاء الأخرى مثل القلب. وقد فتح لنا هذا الاكتشاف آفاقًا جديدة نحو تطوير الأدوية التي تُستخدم لعلاج مختلف الأمراض المرتبطة بالكهرباء، مثل الصرع واضطرابات معدل ضربات القلب.

المراجعون الصغار

ANGELIQUE
العمر: 15

CHASE
العمر: 14

DANIELA
العمر: 13

JAYDEN
العمر: 16

JEFFREY
العمر: 17

JONOVAN
العمر: 14

حاز الأستاذان Bert Sakmann وErwin Neher على جائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء أو الطب في عام 1991 عن اكتشافاتهما المتعلقة بوظيفة القنوات الأيونية المفردة في الخلايا.

SHANIA
العمر: 16

كيف تتواصل الخلايا بعضها مع بعض؟

يتكون جسمك وأجسام جميع الكائنات الحية الأخرى من الخلايا؛ فهي اللبنات الأساسية للحياة. فكل خلية هي وحدة فردية، لها وظائفها المستقلة الخاصة بها، كما أنها جزء من الكائن الحي متعدد الخلايا بأكمله (مثل الدماغ والقلب) يجب أن يعمل باتساق. وكل خلية مُحاطة بحد مادي واضح- يُسمى الغشاء الخلوي- يفصل المحتويات الخلوية عن البيئة الخارجية (خارج الخلوية) وعن الخلايا الأخرى. ويسمح الغشاء لكل خلية بأن يكون لها بيئة داخلية محددة وبأن تؤدي وظائفها المتخصصة. ولكن، لما كانت الخلايا الفردية جزءًا من بنية أكبر، فإن معظم الخلايا -لا سيما الخلايا العصبية- يجب أن تتواصل مع الخلايا الأخرى. وإذا كان الأمر كذلك، فكيف للخلايا أن تتواصل بعضها مع بعض إذا كان حاجز الغشاء الخلوي يفصلها عن بقية الخلايا؟ الإجابة هي أن ثمة العديد من الآليات التي تسمح للخلايا بالاتصال بعضها مع بعض. وإحدى هذه الطرق الأكثر شيوعًا، وهي الطريقة التي سنركز عليها في مقالنا، هي أن ترسل الخلية مادة مِرسال كيميائي إلى الخلية المستقبلة [1]. وبالكشف عن هذه المادة، «تعرف» الخلية المستقبلة أن ثمة إشارة أُرسلت إليها من خلية أخرى، وتستجيب الخلية المستقبلة وفقًا لذلك.

التواصل بين الخلايا العصبية

«تتحدث» الخلايا العصبية -اللبنات الأساسية للدماغ- لغة الكهرباء. ففي كل لحظة، تظهر كل خلية عصبية نشاطًا كهربائيًا محددًا، وتنتج مجموعة من النبضات الكهربائية القصيرة تُسمى الحسكات. وجنبًا إلى جنب مع الشبكات الكبيرة الأخرى من الخلايا العصبية النشطة، تُعزف «سيمفونية كهربائية» كاملة في الدماغ. ويرتبط هذا النشاط الكهربائي في الشبكات الكبيرة من الخلايا العصبية في دماغنا مع كل جانب من جوانب سلوكنا وخبرتنا وأفعالنا وأفكارنا ومشاعرنا وعواطفنا.

ولكن، كيف تتواصل الخلايا العصبية بعضها مع بعض لإنشاء مثل هذه «السيمفونية الكهربائية» المنسقة؟ يتسم التواصل بين الخلايا العصبية بأنه أكثر تعقيدًا من التواصل بين أنواع الخلايا الأخرى، لأنه يتضمن مكونات كيميائية وكهربائية. ويحدث هذا التواصل في موقع اتصال محدد بين الخلايا يُسمى المشبك، ويتألف من خطوتين أساسيتين. أولًا، تفرز الخلية المرسلة (تنبعث منها) مادة كيميائية، تُسمى الناقل العصبي [1] في الفضاء خارج الخلية (فجوة) بين الخلايا المرسلة والمستقبلة.

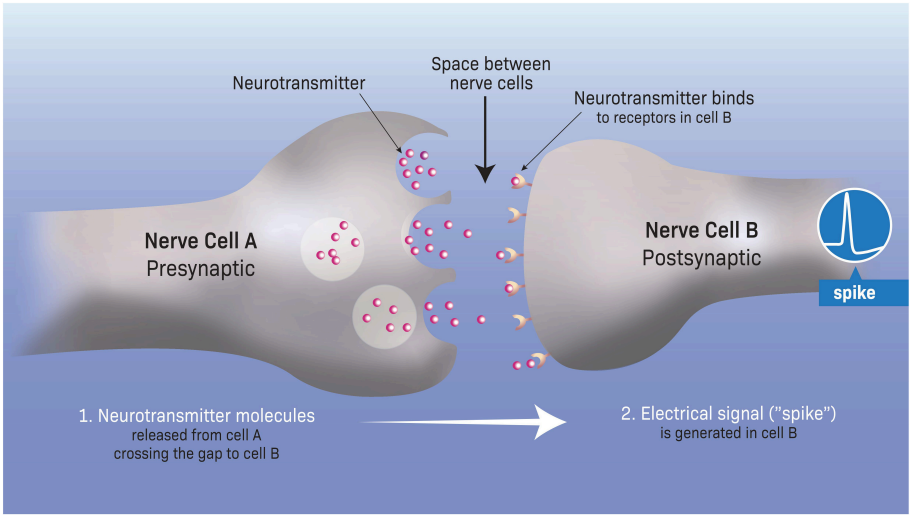
وعندما يصل الناقل العصبي (*من خلال* الانتشار) إلى الخلية المستقبلة، يرتبط بمستقبلات محددة -وبالتالي- تبدأ الأيونات في التدفق عبر غشاء هذه الخلية. ونتيجة لذلك، ينشأ نشاط كهربائي في الخلية المستقبلة (الشكل 1).

الخلايا العصبية (Nerve cells)
هي اللبنات الخلوية الرئيسية للدماغ. وهي المسؤولة عن توليد النشاط الكهربائي للدماغ.

المشبك (Synapse)
هو نقطة اتصال بين خليتين عصبيتين، يتألف من فجوة صغيرة تنتقل فيها المادة الكيميائية -الناقل العصبي- من الخلية المُرسلة (الخلية قبل المشبكية) إلى الخلية المستقبلة (الخلية بعد المشبكية).

الناقل العصبي (Neurotransmitter)
هو مادة كيميائية تطلقها خلية عصبية وتستقبلها خلية عصبية أخرى، مما يتيح الاتصال بين الخلايا العصبية.

الانتشار (Diffusion)
هو عملية حركة عفوية تنتقل من خلالها الجسيمات دون توجيه من مكان إلى آخر.



شكل 1

شكل 1

المراسلة بين الخلايا العصبية عند المشبك. يحدث التواصل بين الخلايا العصبية في موقع اتصال محدد بين الخلايا يُسمى المشبك. أولًا، تطلق الخلية العصبية الناقلة (قبل المشبكية) (الخلية أ) مادة كيميائية -تُسمى الناقل العصبي- في فراغ صغير بين الخلايا. فيعبر الناقل العصبي هذه الفجوة ويرتبط بالخلية العصبية المستقبلة (بعد المشبكية) (الخلية ب). ومن ثم، تُفتح القنوات الأيونية في غشاء الخلية بعد المشبكية التي من خلالها تبدأ الأيونات في التدفق، مما يؤدي إلى ظهور إشارة كهربائية تُسمى الحسكة (الدائرة الزرقاء على اليمين).

القنوات الأيونية والأغشية في الخلايا العصبية

تتولد معظم التيارات الكهربائية في الدماغ عن طريق مجموعة صغيرة من الأيونات، هم أربعة على وجه التحديد. ثلاثة من هذه الأيونات موجبة الشحنة الصوديوم—Na^+ والبوتاسيوم—K^+ والكالسيوم—Ca^{++}) وواحدة منها سالبة الشحنة (الكلوريد—Cl^{--}). ويمكن لهذه الأيونات الدخول أو الخروج من خلال أغشية الخلايا العصبية. وعندما تفعل ذلك، فإنها تغير الجهد الكهربائي بين جانبي غشاء الخلية. تشكل هذه التغيرات السريعة في الجهد الكهربائي عبر غشاء العصب أساس توليد «الكلمة» الكهربائية الأساسية (أو «الشذرة») التي تستخدمها الخلايا العصبية؛ وتُسمى الإشارات الكهربائية الحسكات (الشكل 1). يمكنك التفكير في الحسكة على أنها صاعقة قصيرة جدًا من البرق؛ أي نبضة كهربائية قصيرة (1 مللي ثانية، أي 1/1000 من الثانية) وبالغة الصغر (عُشر فولت، أو 100 مللي فولت)، تحدث في الخلايا العصبية عندما تكون نشطة.

ولكن، كيف تعبر هذه الأيونات حاجز غشاء الخلايا العصبية لتوليد النشاط الكهربائي؟ وكيف يتحول الناقل العصبي المنطلق من خلية إلى نشاط كهربائي في الخلية المستقبلة؟ لا بد أن ثمة مسار معين للأيونات لعبور غشاء الخلية المستقبلة العازل لولا ذلك. عندما بدأت في دراسة هذا المجال، كانت الآلية التي تتحرك بها الأيونات عبر أغشية الخلايا العصبية واضحة.

ولكن باستخدام تقنية تجريبية خاصة طورتها مع زميلي البروفيسور إروين نير [2]، تبين لنا أن الأيونات تعبر بين جانبي الغشاء، وفقًا لتدرجاتها الكيميائية.

لقد تبين لنا أن الأيونات تعبر الغشاء من خلال «ثقوب» صغيرة في الغشاء، تُسمى المسام. هذه المسام عبارة عن بروتينات تؤدي دور القنوات التي تربط خارج الخلية

الأيون (ION)

هو جسيم بشحنة موجبة أو سالبة.

الجهد الكهربائي (Electrical potential)

هو اختلاف في الشحنة بين نقطتين، هما في حالتنا جانبا الغشاء، حيث ستتدفق الأيونات ذات الشحنة الموجبة من الجانب الأكثر إيجابية إلى الجانب الأقل إيجابية.

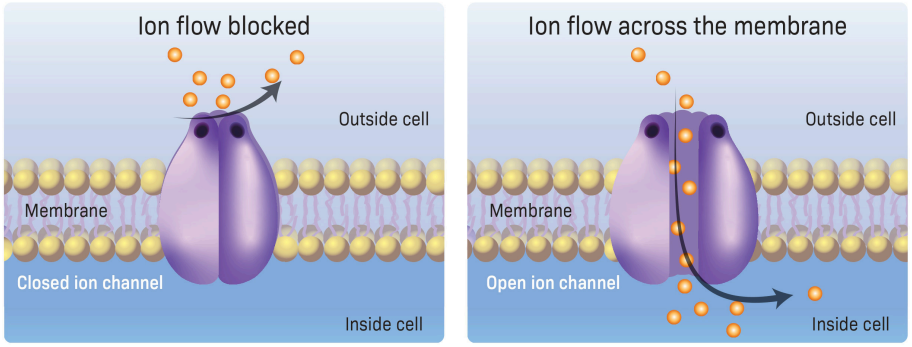
الجهد الكيميائي (Chemical gradient)

هو اختلاف في تركيز مادة في مختلف المواقع. وتتحرك المواد -في حالتنا الأيونات الموجودة على جانبي الغشاء- «أسفل» التدرج، من الجانب ذي التركيز الأعلى إلى الجانب ذي التركيز الأقل.

بداخلها. ولما كانت الأيونات هي المواد التي تعبر من خلال هذه المسام، فهي تُسمى القنوات الأيونية (الشكل 2). وتبين لنا أيضًا أن القنوات الأيونية تُفتح وتُغلق بسرعة استجابةً للناقلات العصبية. ويتيح فتح القنوات الأيونية المحددة وإغلاقها (على سبيل المثال، القنوات المحددة لأيونات Na^+ أو أيونات K^+) بتدفق الأيونات عبر غشاء الخلية. ويؤدي سريان هذا التيار بدوره إلى تغيير الجهد الكهربائي عبر الغشاء. وتستجيب الخلية المستقبلة لذلك بإنتاج الحسكة المولدة للشرارات؛ وهي «الكلمة» الكهربائية الأساسية في الدماغ.

القناة الأيونية (Ion channel)

هي ثقب صغير (مسام) مصنوع من البروتينات في غشاء الخلية والتي -عند فتحها- تمكن من مرور الأيونات إلى داخل الخلية وخارجها.



شكل 2

القنوات الأيونية في غشاء العصب. القنوات الأيونية (الأرجوانية) عبارة عن مسام (ثقوب) مصنوعة من البروتينات الموجودة داخل أغشية الخلايا العصبية. وفي الخلية المستقبلة (بعد المشبكية) (انظر الشكل 1)، عادةً ما تكون هذه القنوات مغلقة (يسارًا) ولكنها تصبح مفتوحة (يمينًا) استجابةً للناقلات العصبية المنطلقة من الخلايا قبل المشبكية. ويتيح فتح القنوات الأيونية تدفق الأيونات (الكرات البرتقالية) عبر الغشاء، وتُعد هذه هي الآلية الأساسية لتوليد النشاط الكهربائي في الخلايا العصبية.

اكتشاف القنوات الأيونية: تقنية الالتقاط الرقعي

عندما بدأت أنا والأستاذ نير في دراسة تدفق الأيونات في الخلايا العصبية، درسنا آليتين رئيسيتين لنقل الأيونات يمكن أن تكونا نشطتين. تضمنت الآلية الأولى جزيء نقل. ويشير مضمون هذه الفكرة إلى أن جزيئات محددة في الغشاء «تلتقط» أيونًا واحدًا في المرة، وتمرره من خارج الخلية إلى داخلها، ثم تطلقه هناك. وقد كان من المعروف أن هذه الآلية تحدث في عمليات جسدية أخرى -مثل إنتاج الطاقة- حيث تمر جزيئات المغذيات *عبر* غشاء الخلية من خلال جزيئات النقل.

وكانت الآلية الثانية المحتملة التي أخذناها في الاعتبار -والتي أكدتها تجاربنا لاحقًا- هي أن القنوات الأيونية موجودة في الغشاء لأيونات محددة. وقد تكون هذه القنوات إما مفتوحة أو مغلقة. فعندما تكون مفتوحة، يمكن للتيار أن يتدفق بين جانبي الغشاء ويربط البيئة الخارجية للخلية ببيئتها الداخلية (الشكل 2). ولبحث ما إذا كانت هذه الآلية مسؤولة عن نقل الأيونات إلى داخل الخلايا وإلى خارجها أثناء توليد الحسكات، كان علينا دراسة النشاط الكهربائي الناتج من الأيونات التي تعبر الغشاء من خلال القنوات الأيونية الفردية. وللقيام بذلك، كان علينا عزل مساحة صغيرة للغاية، أو «رقعة» من غشاء الخلية العصبية، على أمل قياس التيار الكهربائي الذي يعبر من خلال قناة أيونية فردية قد تكون موجودة في هذه الرقعة الصغيرة.

إذا كانت القنوات الأيونية موجودة، فإننا نتوقع قياس نمط معين من النشاط الكهربائي يتوافق مع فتح القناة الأيونية وإغلاقها، وهو يختلف عن النمط الكهربائي المتوقع إذا استُخدمت جزيئات النقل لنقل الأيونات عبر الغشاء.

ولإجراء هذا النوع من قياس التيار، كان علينا التغلب على تحديين رئيسيين. أولًا، كان علينا قياس الأيونات التي تتدفق عبر قناة الغشاء في الرقعة الصغيرة من الغشاء دون فقدان أي من هذا التيار. ويُعد هذا أمرًا صعبًا لأن جهاز التسجيل إذا لم يكن مغلقًا بإحكام على الغشاء، فقد تفلت الأيونات التي تعبر الغشاء عبر القناة من الجانبين قبل دخول جهاز الكشف. ومن ثمّ، كان علينا التأكد من أن الأيونات التي تعبر الغشاء مجبرة على التدفق عبر جهاز الكشف.

وكان التحدي الثاني هو التمييز بين نوعين من التيارات التي تتدفق عبر غشاء الخلية العصبية. ولقد اتضح لنا أن الغشاء دائمًا ما يكون نشطًا كهربائيًا؛ وهي ظاهرة يُطلق عليها ضوضاء الخلفية. وتظهر ضوضاء الخلفية في شكل نشاط كهربائي متواصل يختلف عن النشاط الكهربائي المتعلق بتدفق الأيونات عبر الغشاء استجابةً للناقلات العصبية. ويمكن أن تكون ضوضاء الخلفية كبيرة للغاية مقارنةً بالتيار الذي أردنا قياسه من فتح قنوات الغشاء الفردية. ومن ثم، كان علينا إيجاد طريقة لتقليل ضوضاء الخلفية بحيث لا تغلب («أو تخفي») التيار المتدفق عبر القنوات الأيونية الفردية.

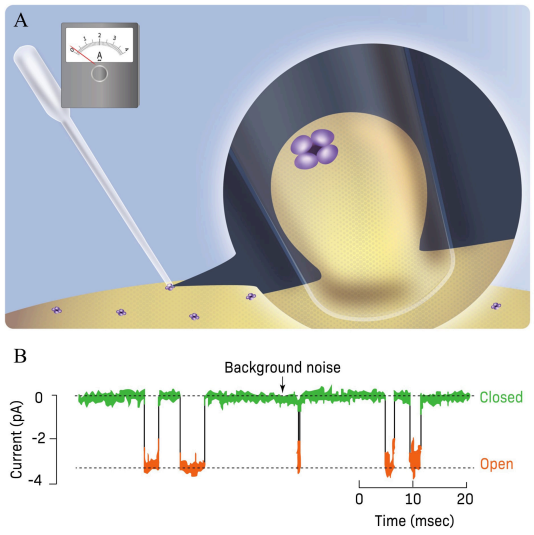
ولقد تمكنا من حل كلا التحديين باستخدام أنبوب زجاجي رفيع جدًا يُسمى ماصة، مُزود بطرف يبلغ قطره حوالي 1 ميكرومتر (1/1000 من المليمتر) (الشكل 3A). ويحتوي الطرف الآخر من الماصة على مقياس أمبير يقيس التيار الكهربائي. ويُضغط طرف الماصة بقوة على رقعة صغيرة من غشاء الخلية ويُطبق الشفط، مما يؤدي إلى حدوث تلامس شديد للغاية بين طرف الماصة والغشاء لضمان عدم حدوث تسرب للأيونات. وقد قللت التسجيلات من هذه الرقعة الصغيرة من الغشاء أيضًا من ضوضاء الخلفية و-من ثمّ- أدت إلى تحسين تسجيل تدفق الأيونات عبر القناة الأيونية.

تدفق التيار عبر القناة الأيونية

وفي حالة عدم وجود ناقل عصبي، تبين لنا أنه لا يوجد تيار يمر عبر القناة ولم نلاحظ سوى قدر طفيف من ضوضاء الخلفية (الشكل 3B) . وعندما يرتبط ناقل عصبي بالغشاء، تُفتح القناة الأيونية بسرعة كبيرة، بطريقة تشبه الخطوة، مما يتيح تدفق تيار بالغ الصغر يبلغ قياسه القليل من البيكو أمبيرات[1] عبر الغشاء [2–4]. ويتسبب حل الناقل العصبي في إغلاق القناة مرة أخرى (الشكل 3B).

[1] يُستخدم البيكو أمبير لقياس التيارات الكهربائية بالغة الصغر؛ حيث يساوي البيكو أمبير 10^{-12} أمبير.

لقد تبين لنا أن القناة الأيونية ظلت مفتوحة أو مغلقة لأجزاء من الألف من الثانية فقط (المللي ثانية هي 1/1000 من الثانية) وأن مدة الحالة المفتوحة والفاصل الزمني بين فتحات القناة متباين، بسبب الارتباط المتقطع لجزيئات الناقل العصبي. وكما يمكنك أن ترى في الشكل 3B، كانت سعة التيار عند مروره عبر القناة المفتوحة ثابتة تمامًا.



شكل 3

شكل 3

تدفق التيار عبر القنوات الأيونية للغشاء. **(A)** تقنية الالتقاط الرقعي. يُغلق طرف الماصة الزجاجية الرفيع بإحكام على رقعة صغيرة من غشاء الخلية تحتوي على قناة أيونية (باللون الأرجواني، انظر النسخة المُكبرة على اليمين). وتحتوي الماصة على ناقل عصبي يرتبط بالغشاء ويفتح قناة أيونية، مما يتيح للأيونات التدفق عبر الغشاء. ويُقاس التيار المتدفق عبر القناة الأيونية بمقياس أمبير متصل بالماصة. **(B)** قياس التيار المتدفق عبر قناة أيونية واحدة في رقعة غشاء صغيرة. تُفتح هذه القناة الأيونية وتُغلق تلقائيًا استجابةً للربط (المفتوح) والحل (المغلق) للناقل العصبي بمستقبل الغشاء (الشكل 1). وعندما تُغلق القناة الأيونية، يُقاس تيار الخلفية الصاخب (باللون الأخضر). وعندما تُفتح القناة الأيونية، يُلاحظ وجود تيار نزولي سريع يشبه الخطوة (برتقالي) (الشكل مُعدل من Sakmann وNeher [2]).

وبعد قياس التيار الضئيل الذي تدفق عبر رقعة الغشاء وإجراء بعض العمليات الحسابية، قدرنا أن ما يقرب من 10.000 أيون قد عبروا رقعة الغشاء الصغيرة في كل مللي ثانية. وقد أوضح لنا هذا أن فتح القنوات الأيونية -بدلًا من نقل الأيونات *عبر* جزيئات النقل- هي الآلية التي تتيح للأيونات عبور غشاء الخلية! فجزيئات النقل أبطأ من أن تنقل الأيونات عبر الغشاء بمثل هذا المعدل المرتفع. وقد كان هذا اكتشافًا مهمًا، لأنه أكد وجود القنوات الأيونية ووظيفتها كونها الآلية الأساسية التي تنتج التيار الكهربائي -بما في ذلك الحسكة- في الخلايا العصبية. وتُعد هذه القنوات الأيونية مسؤولة أيضًا عن توليد النشاط الكهربائي في الأنسجة الأخرى «القابلة للاستثارة»، مثل العضلات المحيطية والقلب.

وعلاوةً على ذلك، كان فهم عمل القنوات الأيونية بالغشاء أمرًا مهمًا لأن العديد من الاضطرابات العصبية (وكذلك اضطرابات القلب وأنسجة الجسم الأخرى) ناتجة من خلل في القنوات الأيونية. ومن هنا، صيغ المصطلح الجديد «اعتلال القنوات[2]» لوصف مجموعة الأمراض (الكبيرة للغاية) الناجمة عن عيوب في عمل القنوات الأيونية. وبناءً على اكتشاف القنوات الأيونية بالغشاء ووظائفها، مُنحت أنا وزميلي الأستاذ إروين نير جائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء أو الطب في عام 1991.

[2] انظر هنا مجموعات الأمراض الناجمة عن خلل في القنوات الأيونية https://en.wikipedia.org/wiki/Channelopathy.

نصائح للعلماء الصغار

سأستهل حديثي بأن أخبركم أهم شيء تعلمته من مشرفي العلمي -الأستاذ برنارد كاتز- الذي حصل أيضًا على جائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء أو الطب في عام 1970. لقد علمني أنني يجب أن أكون شديد النقد بشأن ما أتوصل إليه من نتائج وأن أكون مستعدًا دائمًا للاستنتاجات الجديدة التي قد تدحض استنتاجاتي السابقة؛ على الرغم من أن ذلك قد يكون أمرًا غير سار. ولقد حاولت أن أنقل هذا الدرس لطلابي وأن

أعلمهم أن يكونوا قابلي النقد لنتائجهم. خاصةً في الأنسجة البيولوجية، ثمة العديد من التأثيرات التي لا يمكننا السيطرة عليها ويجب أخذها في الاعتبار. ومن ثمّ، عندما يتوصل طلابي إلى استنتاج جديد، أنصحهم بأن يحتفظوا به لأنفسهم لبعض الوقت وأن يكرروا تجاربهم في محاولة لدحض نتائجهم مرارًا وتكرارًا. فينبغي لهم ألا ينشروا نتائجهم إلا بعد أن يقتنعوا تمامًا بان تلك النتائج صحيحة.

فمن منظور أكثر عمومية للحياة، أرى شخصيًا أن الحياة الجيدة هي الحياة التي ينشغل فيها تفكيرك بشيءٍ يمنحك الفرصة لمتابعة فضولك وربما اكتشاف شيء جديد. ومن منظور أناس آخرين، قد تعني الحياة الجيدة جني الكثير من المال أو أن يعرفك الآخرون، وهذا أمر لا بأس به تمامًا. وأنا أعتقد أن كونك عالمًا هو أفضل خيار يمكنك القيام به، ولكن فقط إذا كنت مهتمًا بالطبيعة. لذا، لا تحاول أن تكون عالمًا لأنك تعتقد أنها مهنة براقة. فإذا لم تشتعل دواخلك بالرغبة في اكتشاف الأشياء، فمن الأفضل لك أن تختار مهنة أخرى *تجعلك* مفعمًا بالإثارة والشغف.

مواد إضافية

- The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1991
- Patch Clamp Method

إقرار

أود شكر نوا سيغيف على إجراء المقابلة التي استند إليها هذا المقال وعلى مشاركتي في تأليفه.

المراجع

1. Katz, B. 1971. Quantal mechanism of neural transmitter release. *Science*. 173:123–6.
2. Neher, E., and Sakmann, B. 1992. The patch clamp technique. *Sci. Am.* 266:44–51.
3. Hamill, O. P., and Sakmann, B. 1981. Multiple conductance states of single acetylcholine receptor channels in embryonic muscle cells. *Nature*. 294:462–4.
4. Bormann, J., Hamill, O. P., and Sakmann, B. 1987. Mechanism of anion permeation through channels gated by glycine and gamma-aminobutyric acid in mouse cultured spinal neurones. *J. Physiol.* 385:243–86.

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 30 أبريل 2024

المحرر: Casey Lew-Williams

مرشدو العلوم: Ivette Planell-Mendez

الاقتباس: Sakmann B (2024) سبر أغوار الدماغ: فك شفرة النشاط الكهربي. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2022.858193-ar

مُترجَم ومقتبس من: Sakmann B (2022) Sparks in the Brain: The Story of Ion Channels and Nerve Cells. Front. Young Minds 10:858193. doi: 10.3389/frym.2022.858193

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

حقوق الطبع والنشر © 2022 © 2024 Sakmann. 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

ANGELIQUE, العمر: 15
اسمي أنجيليك، وأنا طالبة في فصل المعلمة فيدالون لمادة العلوم مع مرتبة الشرف للصف السابع بمدرسة دود الإعدادية. ونشاطي المفضل هو مشاهدة الأفلام والبرامج التي تتناول المال والقتل. وهما أيضًا مجالا دراستي المفضلان، المالية وعلم الإجرام. فمهاراتي في الرياضيات مذهلة، وحصلت على درجة الإتقان في امتحانات ريجنتس وأواصل الحصول على جوائز في الرياضيات. وأطمح لأن أكون رائدة أعمال في المستقبل وطالبة متفوقة في المدرسة الثانوية.

CHASE, العمر: 14
أنا طالب في فصل المعلم كاباتشو لمادة العلوم مع مرتبة الشرف للصف الثامن بمدرسة دود الإعدادية.

DANIELA, العمر: 13
اسمي دانييلا، وأنا طالبة في فصل المعلمة فيدالون لمادة العلوم مع مرتبة الشرف للصف السابع بمدرسة دود الإعدادية. ومادتي المفضلة هي الرياضيات. ولدي ثلاثة أشقاء، أختان وأخ. وأحب قراءة كتب الخيال والمغامرة.

JAYDEN, العمر: 16
اسمي جيدين وسأعمل في مجال علوم الكمبيوتر. وقد كانت قراءة هذا المقال تجربة رائعة لأنه كان ممتعًا للغاية. وأعتقد أن المزيد من الأطفال عليهم قراءة هذه المقالات لأنها توفر تجربة تعليمية رائعة حول مواضيع لن يراها معظم الناس أبدًا.

JEFFREY, العمر: 17
مرحبًا، أنا جيفري. لدي أخ واحد وأخت واحدة وأرنب. ومادتي المفضلة هي العلوم وخاصةً الفيزياء. وأنا حاليًا طالب في فصل الفيزياء المستوى المتقدم 1 و2 مع د. كابالبو.

JONOVAN, العمر: 14
اسمي جونوفان وأنا طالب في فصل المعلم كاباتشو لمادة العلوم مع مرتبة الشرف للصف الثامن. وأحب العلوم والرياضيات.

SHANIA, العمر: 16
أنا طالبة في فصل المعلمة باريجوريس لمادة العلوم مع مرتبة الشرف للصف العاشر بمدرسة فريبورت الثانوية. وأستمتع بالسفر والإعجاب بالمناظر الطبيعية الجديدة. وبرنامجي المفضل هو "كريمينال مايندز" وفناني الموسيقي المفضل هو أبل تسفاي، المعروف أيضًا باسم «ذا ويكند.»

المؤلفون

BERT SAKMANN
الأستاذ Sakmann Bert هو أستاذ في معهد ماكس بلانك للبيولوجيا العصبية، ميونيخ، ألمانيا. وقد تلقى الأستاذ Sakmann تدريبًا في البداية كطبيب في جامعة لودفيغ ماكسيميليان في ميونيخ. وأثناء دراساته ما قبل السريرية، اطلع على مجالات الفيزياء الحيوية وعلم وظائف الأعضاء العصبية. ونتيجة لاهتمامه الكبير الجديد، قرر الانتقال إلى مجال علم الأعصاب ودراسة المسائل العلمية الأساسية التي تدور حول كيفية توليد الإشارات الكهربائية ونقلها في الدماغ. وفي عام 1971، انتقل الأستاذ Sakmann إلى جامعة كوليدج لندن، حيث عمل تحت إشراف الأستاذ Katz Bernard (الحائز على جائزة نوبل في عام 1970 في علم وظائف الأعضاء أو الطب، لاكتشافاته المتعلقة بتشغيل الناقلات العصبية في الخلايا العصبية). وفي عام 1974، التحق الأستاذ Sakmann بقسم البيولوجيا العصبية في معهد ماكس بلانك للكيمياء الفيزيائية الحيوية في جوتنجن بألمانيا، حيث قابل معاونه الأستاذ Erwin Neher، الذي طور معه تقنية الالتقاط الرقعي التي أدت إلى اكتشاف القنوات الأيونية الفردية، والذي بسببه حازا على جائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء أو الطب في عام 1991. وقد استخدم Sakmann جزءًا من أموال جائزة نوبل التي حصل عليها لتأسيس محاضرة برنارد كاتز السنوية، بالاشتراك مع مؤسسة همبولت، لتعزيز التعاون بين العلماء الشباب. وفي عام 1979، أصبح الأستاذ Sakmann باحثًا مشاركًا في معهد ماكس بلانك للكيمياء الفيزيائية الحيوية. وفي عام 1988، انتقل إلى هايدلبرغ ليعمل مديرًا لمعهد ماكس بلانك لأبحاث الطب الحيوي. وفي عام 2008، انتقل إلى معهد ماكس بلانك لأبحاث الطب الحيوي في ميونيخ، حيث أسس وترأس مجموعة «العمود القشري *حاسوبيًا*». ومن عام 2009 إلى عام 2011، شغل منصب المدير الافتتاحي لمعهد ماكس بلانك فلوريدا؛ وكان مؤثرًا رئيسيًا في إنشاء مركز إدموند وليلي سفرا لعلوم الدماغ في الجامعة العبريّة في القدس. وخلال مسيرته المهنية، مُنح الأستاذ Sakmann عدة جوائز مهمة، منها جائزة لويزا غروس هورويتز (1986) وجائزة لويس جانت للطب (1988) وجائزة ماغنيس للجامعة العبرية (1982) وجائزة هارفي من جماعة تخنيون (1991) وجائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء أو الطب (1991) وجائزة زمالة

الجمعية الملكية (1994). كما أن الأستاذ Sakmann أب فخور لثلاثة أطفال وجد لخمسة أحفاد.

*bs@mpimf-heidelberg.mpg.de

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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