علم الأعصاب
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 10 ديسمبر 2021
doi: 10.3389/frym.2017.00010-ar

آلية حدوث المنعكسات... والفرق بين المنعكسات البسيطة والمعقدة

Jennifer M. Jakobi*, Sienna Kohn, Samantha Kuzyk and Andrey Fedorov

Healthy Exercise and Aging Lab, School of Health and Exercise Sciences, University of British Columbia Okanagan, Kelowna, BC, Canada

يتمتع البشر والحيوانات على حد سواء بقدرتهم على إصدار منعكسات (ردود أفعال) تقيهم من الخطر. وتعرف المنعكسات على أنها ردود أفعال غير واعية، وهو ما يعني أنها تحدث تلقائيًا دون الحاجة إلى أن يصدر المخ أمرًا للقيام بها. وهناك أنواع مختلفة من المنعكسات، والنوع الرئيسي منها يعرف بالمنعكس البسيط. يحتوي المنعكس البسيط على مساحة واحدة فقط تنتقل فيها المعلومة في الحبل الشوكي بين خليتين عصبيتين، والتي تعرف أيضًا بالعصبونات. ويطلق على المساحة بين خليتين عصبيتين اسم المشبك العصبي. لذلك، يسمى المنعكس البسيط "أحادي المشبك" (monosynaptic)، حيث تعني كلمة "mono" واحدًا فقط. ويتألف المنعكس البسيط أحادي المشبك من أربعة أجزاء. الجزء الأول هو المستشعر الذي يستشعر ما يحدث في الجسم، بينما الجزء الثاني تمثله خلية عصبية حسية لنقل المعلومات إلى الحبل الشوكي. أما الجزء الثالث، فهو الخلية العصبية الحركية التي تنقل المعلومات من الحبل الشوكي إلى الجزء الرابع وهو العضلة التي تقوم بالفعل. يقيس الأطباء المنعكسات من خلال النقر على الوتر الموجود تحت الركبة مباشرة، وهو ما يسبب قيام الساق بحركة الركل. ويمثل منعكس الركبة نموذجًا من نماذج المنعكس البسيط أحادي المشبك.

المراجعون الصغار:

FRANCISCO
العمر:15

هل لاحظت من قبل أنك حين تلمس شيئًا حادًا أو تمسك بشيء ساخن، فإنك تقوم بسحب يدك بسرعة دون حتى أن تفكر في الأمر؟ إن رد الفعل السريع المتمثل في نزع يدك بعيدًا عن الجسم الحاد او الساخن بطريقة سريعة هو استجابة طبيعية تحدث داخل جسمك، مصممة لحمايتك [1].

هذه الاستجابة السريعة تسمى **منعكسًا،** وتحدث المنعكسات بلا تفكير واعٍ أو تخطيط صادر منك، بمعنى أن المخ لا يشترك في حدوثها. وهذا أمر مختلف تمامًا عن باقي السلوكيات التي نقوم بها بصفة يومية مثل اللعب بقطع "الليجو" وتصفيف الشعر وتقطيع الطعام أو التصافح بالأيدي، وهي أنشطة تحتاج جميعها إلى استخدام المخ. والاختلاف الرئيسي هو أن المنعكسات تحدث مباشرة دون تردد أو توقف، فهي تحدث بسرعة شديدة وبدون أي تدخل من المخ. وفي الحقيقة، فإن كثيرًا من المنعكسات تحدث أسرع من طرفة العين!

المنعكسات (REFLEXES)

ردود أفعال لاواعية (لا يشترك فيها المخ) تحدث داخل الجسم تجاه محفز ما.

منعكسات مصممة لحمايتك!

بالرغم من أن المنعكسات فائقة السرعة وتحدث دون حتى أن تفكر فيها، فإن هذا لا يعني أنها أمر ضار، فهي توفر لك الحماية وتمكنك من الحركة دون الحاجة إلى أن تفكر في كل فعل تقوم به أو ردود الأفعال التي يحتاج جسمك إلى القيام بها. من المهم أن تحدث المنعكسات دون الحاجة إلى التفكير فيها، حيث يوجد بعض الأشياء التي تحدث لجسمك أثناء الحركة وتجبره على التصرف على نحوٍ ما بسرعة كبيرة، وهي الأمور التي تتطلب رد فعلٍ فائق السرعة. كما تمنح المنعكسات جسمك الفرصة لاتخاذ رد فعل يساعدك على البقاء آمنًا، والوقوف مستقيمًا وأن تكون مفعمًا بالنشاط.

تخيل يومًا معتادًا. قد تفكر في ممارسة رياضتك المفضلة أو العزف على آلتك الموسيقية، أو المشي إلى المدرسة أو إعداد وجبة خفيفة. وفي حين أنك تفكر في جميع هذه الأحداث، فهناك منعكسات تحدث في نفس الوقت داخل جسمك على الرغم من أنك غير واعٍ بحدوثها. وتتكون هذه المنعكسات تلقائيًا داخل الجسم، مع التأكيد على وجودها بالجسم منذ الولادة وأنها تتغير كلما تقدمنا في العمر. وتمثل المنعكسات نوعًا من خصائص السلامة اللازمة لبقائنا والتي تمنحنا الفرصة للتحرك صوب الاستجابة لشيء ما يحدث في البيئة المحيطة. ويمكن للمنعكسات أن تعمل على حمايتك بطرق عدة، مثل إبعاد يدك سريعًا من على شيء ساخن أو جسم حاد، أو الانحناء حينما تسمع صوتًا عاليًا مفاجئًا. وهذه الأفعال السريعة هي استجابات في صورة منعكسات! وحقيقة أن ردود الأفعال (الاستجابات) هذه تلقائية توضح أن المنعكسات تحدث بمعدل سريع جدًا إلى الحد الذي يفوق قدرة المخ على المشاركة فيه. وتسمى الأفعال التي تحدث دون مشاركة المخ بالأفعال اللاإرادية، بينما تعرف هذه الأفعال التي يخطط لها المخ مثل إلقاء الكرة أو العزف على الجيتار بالأفعال الإرادية. وبعد أن يحدث المنعكس، يبدأ المخ في استيعاب ما حدث ويخبرك به. وعند هذه النقطة، قد يضيف المخ شيئًا ما إلى الحدث. فعلى سبيل المثال، قد تنحني كرد فعل لاإرادي عند سماع صوت عالٍ، ولكن حين يبدأ المخ في الاستيعاب ستعرف لِمَ انبطحت وسيرسل المخ أوامر باتخاذ ردود الفعل الإرادية - ربما لتنهض قائمًا مرة أخرى.

جهد الفعل (ACTION POTENTIAL)

إشارة يتم حملها من خلية عصبية إلى أخرى.

جهد الفعل

كي تعمل المنعكسات، تحتاج الرسائل إلى أن تتحرك داخل الجسم. هذه الرسائل هي **جهد الفعل،** وهي تسافر عبر **الخلايا العصبية أو العصبونات** وترسل الرسائل، وتشارك أجزاء معينة من الخلايا

الخلية العصبية أو العصبون (NEURON)

خلية قابلة للاستثارة.

العصبية في هذه العملية. تتكون الخلية العصبية من ثلاثة أجزاء مختلفة مسؤولة عن استشعار الإشارات وإرسالها ومن ثم نقلها إلى خلية عصبية أو عضلة أخرى. وهذه الأجزاء الثلاثة هي الزوائد الشجيرية والمحور العصبي والنهاية العصبية (الشكل 1).

تستقبل الزوائد الشجيرية المعلومات من المستشعر أو من الخلايا العصبية الأخرى. ثم تنتقل هذه المعلومات إلى المحور العصبي الذي ينتقل إلى أو من الحبل الشوكي. ينتقل جهد الفعل من الطرف العصبي عند نهاية الخلية العصبية إلى الخلية المجاورة. تبدأ الكثير من المنعكسات في العضلة أو الجلد وتذهب إلى الحبل الشوكي. وحين يصل جهد الفعل إلى النهاية العصبية، تنتقل الإشارة إلى خلية عصبية أخرى مثل خلية عصبية بينية أو **خلية عصبية حركية.** ثم ينتقل جهد الفعل بعد ذلك خارج الحبل الشوكي إلى العضلة. وسواء كانت **الخلية العصبية حسية** أو بينية أو حركيّة، فإن جهد الفعل ينتقل من الزوائد الشجيرية إلى المحور العصبي ومنه إلى النهايات العصبية. ولكن الخلايا العصبية لا تلامس بعضها البعض في الحبل الشوكي أو عند العضلة، فهناك فجوات ضئيلة تسمى المشابك العصبية، والتي يجب أن يعبر خلالها جهد الفعل ليصل إلى الخلية التالية.

خلية عصبية حركية (MOTOR NEURON)

هي خلية عصبية تنتقل من الحبل الشوكي إلى العضلة.

خلية عصبية حسية (SENSORY NEURON)

هي خلية عصبية تنتقل من المستقبلات إلى الحبل الشوكي.

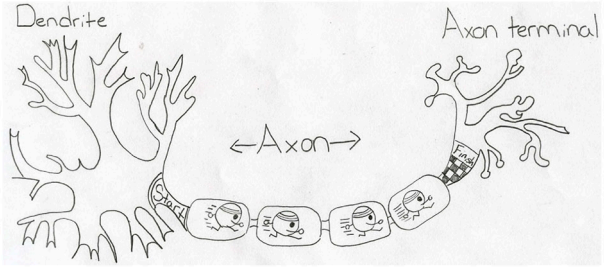
الأجزاء المشاركة في المنعكس

سيقوم الأطباء بإجراء اختبار للتأكد من أن المنعكسات تعمل بشكل جيد لديك، وذلك لأنها قد تتغير إذا كنا مرضى أو أثناء رحلة النمو. تخيل أنك جالس على منضدة الاختبار وقام الطبيب بالتربيت (الطرق الخفيف) باستخدام مطرقة مطاطية تحت ركبتك مباشرة. وبعد التربيت مباشرة، قامت قدمك بركله بينما لم تحاول أنت فعل ذلك. نتمنى أن يكون الطبيب قد تمكن من تجنب الركلة! وتسمى الاستجابة لتربيت المطرقة المطاطية هذه منعكس نفضة الركبة، إلا أن العلماء والأطباء يسمونها **منعكسًا أحادي المشبك** - وهو أبسط أنواع المنعكسات التي تحدث داخل جسمك [2]. قد تتساءل لِمَ سُمي المنعكس ``بأحادي المشبك'' (monosynaptic)، إذ إن منعكس نفضة الركبة أسهل في التذكر والكتابة. لكن كلمة أحادي المشبك كلمة مهمة لأنها تصف آلية عمل المنعكس. تكون الكلمات أسهل في تذكرها حين تنقسم إلى قسمين. فكلمة "Mono" تعني واحدًا أو أحاديًا، وكلمة Synapse تعني الفراغ الموجود بين خليتين عصبيتين حيث تنتقل الرسائل بينهما. وهو ما يعني أنه يوجد في منعكس نفضة الركبة نقطة واحدة فقط تنتقل فيها الرسائل بين الخلايا العصبية، مما يشير إلى كونه منعكسًا أحادي المشبك. ويعتقد أن المنعكسات أحادية المشبك ``بسيطة'' لأنها تعمل عبر أربعة أجزاء فقط بينما أغلب المنعكسات تعمل عبر خمسة أجزاء.

منعكس أحادي المشبك (MONOSYNAPTIC REFLEX)

وهو المنعكس الذي يحتوي على مساحة واحدة فقط لانتقال جهد فعل بين خلية عصبية حسية وخلية عصبية حركية.

والأجزاء الخمسة التي تتألف منها غالبية المنعكسات هي:



شكل 1

شكل 1

رسم توضيحي للخلية العصبية (العصبون) يوضح المكان الذي يبدأ منه جهد الفعل (الزوائد الشجيرية)، والمسار الذي ينتقل عبره (المحور العصبي)، ووجهة الوصول (النهاية العصبية) قبل مروره عبر المشبك العصبي إلى خلية عصبية أخرى أو إلى عضلة ما.

- المستشعر وهو **المستقبل** الذي يستشعر أو يكتشف التغيير.
- الخلية العصبية الحسية التي تحمل الرسالة من المستشعر إلى الحبل الشوكي.
- الخلية العصبية البينية، وهي خلية عصبية توجد في موضع بيني وسط الخلايا العصبية، أشبه بمحطة تقوية بين الخلايا العصبية.
- الخلية العصبية الحركية التي تحمل الرسالة من الحبل الشوكي إلى العضلة.
- الألياف العضلية التي تنقبض.

مستقبل (RECEPTOR)

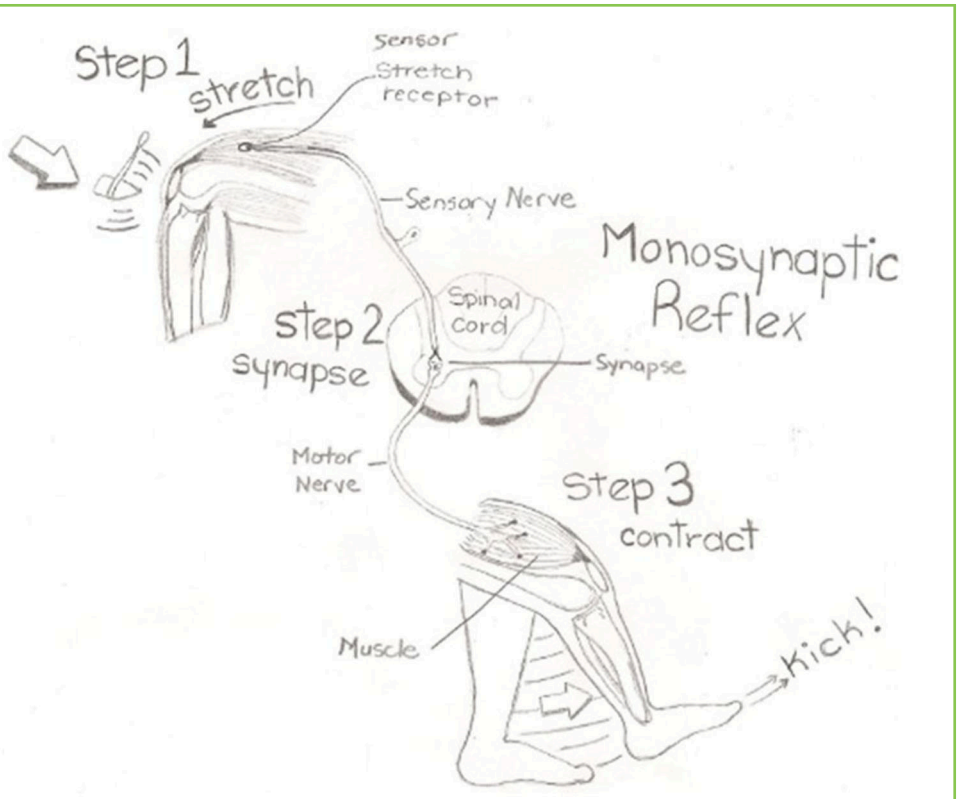
هو الجزء من الجلد أو العضلة الذي يستشعر المحفز أو الاستثارة.

ويتخطى منعكس نفضة الركبة أحادي المشبك الخلية العصبية البينية، ومن ثم يشمل المستشعر والخلية العصبية الحسية والخلية العصبية الحركية والألياف العضلية (الشكل 2). وفي المنعكس أحادي المشبك، تنتقل الرسالة من الخلية العصبية الحسية إلى الخلية العصبية الحركية عبر مشبك عصبي واحد. فكر في سباق التتابع الذي يتم فيه تسليم وتسلم العصا، فهذه الطريقة تشبه طريقة عمل المنعكس. فالمتسابق الذي يركض بالعصا هو جهد الفعل الذي يسري خلال الخلية العصبية التي تمثل بدورها جزءًا من المسار. وحين يصل المتسابق والعصا إلى منطقة محددة في المسار، تنتقل العصا إلى الراكض التالي كي يتحرك بدوره على امتداد المسار. ما يحدث في المنعكس هو ما يحدث بالضبط في سباق التتابع، ولكن جهد الفعل في المنعكس هو ما ينتقل بين الأعصاب وليس العصا التي تنتقل بين الراكضين عبر أجزاء المسار (الشكل 3).

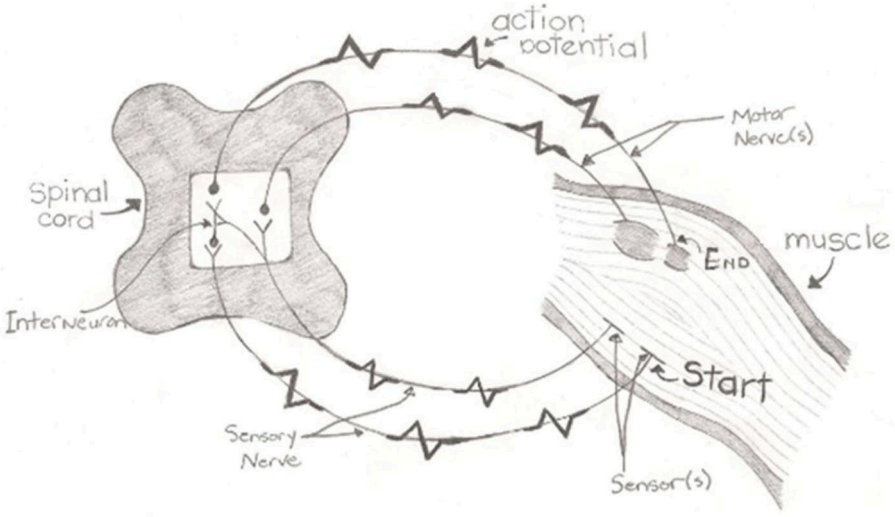
لم تلعب الخلية العصبية البينية دورًا في المثال المستخدم أعلاه على المنعكس أحادي المشبك. ولكن من السهل جدًا إضافة خلية عصبية بينية؛ فقط قم بإضافة راكض آخر وعصا، علمًا بأن هذا الراكض يركض لمسافة قصيرة للغاية. توجد الخلايا العصبية البينية في جسم الإنسان في الحبل

شكل 2

منعكس نفضة الركبة. في الخطوة الأولى يتم التربيت على الوتر. ويُنشط تربيت الطبيب مباشرة تحت الركبة المستشعر الواقع داخل هذه العضلة. وحين يصبح هذا المستشعر نشطًا، تنتقل الإشارة من الخلية العصبية الحسية إلى الحبل الشوكي. وفي الحبل الشوكي، تعبر الإشارة المشبك العصبي إلى الخلية العصبية الحركية، ومن ثم تعود مرة أخرى إلى نفس العضلة. تنقبض العضلة وتتسبب في انتفاض القدم إلى الأمام (حركة الركل).



شكل 2



شكل 3

مسار المنعكس يوضح المكونات الخمسة التي يتألف منها المنعكس: المستشعر، والخلية العصبية الحسية، والخلية العصبية البينية، والخلية العصبية الحركية، والعضلة. ويظهر المنعكس البسيط على الجزء الداخلي من الرسم البياني. ويشير جهد الفعل إلى كيفية انتقال المعلومات عبر الجهاز العصبي. وفي المنعكسات، يتم استشعار المعلومة أولًا في المستشعر ثم تنتقل عبر الخلايا العصبية الحسية إلى الحبل الشوكي. وبمجرد وصول جهد الفعل إلى الحبل الشوكي، تنتقل المعلومات عبر المشبك العصبي إلى الخلية العصبية الحركية. ثم ينتقل جهد الفعل إلى أسفل الخلية العصبية الحركية، والتي تقوم حينها بتنفيذ الفعل. ويظهر الجزء الخارجي من الرسم التوضيحي، داخل الحبل الشوكي، الجزء الخامس المكون للمنعكس، وهو الخلية العصبية البينية.

الشوكي. لذلك، حين تشارك الخلية العصبية البينية في المنعكس يكون هناك أكثر من مشبك عصبي، ويطلق على هذه المنعكسات حينها المنعكسات المعقدة.

ليست كل المنعكسات بسيطة

هناك الكثير من المنعكسات المختلفة داخل الجسم. وبعض هذه المنعكسات قد يكون معقدًا وتشارك فيه أكثر من خلية عصبية بينية بالإضافة إلى الكثير من المشابك العصبية. وحين يكون هناك العديد من المشابك العصبية، تسمى هذه المنعكسات ``المنعكسات متعددة المشابك'' (polysynaptic) (إذ تعني كلمة poly بالإنجليزية ``المتعدد''). وتوجد هذه المنعكسات، تمامًا مثل المنعكس البسيط أحادي المشبك، داخل الكائنات الحية، وخاصة البشر لحمايتهم والحفاظ على أمانهم! وفي بعض الأحيان، تقوم المنعكسات بعمل أكثر من فعل. فتخيل مثلًا أنك تُبعد قدمك من على شيء حاد - قطعة ليجو كانت ملقاة على الأرض على سبيل المثال؛ فإذا قمت بإبعاد قدمك من عليها لأنها سببت لك ألمًا، ولكنك في الوقت ذاته لم تقم بوضع قدمك الأخرى على الأرض، فإنك سوف تسقط أرضًا وقد يكون هذا أكثر ألمًا لك! وهذا يعني أن منعكس الانسحاب لنزع قدمك يعمل بالتزامن مع منعكس آخر على الجانب الآخر من الجسم يخبرك بأن تضع قدمك الأخرى على الأرض. ويسمى هذا المنعكس ``منعكس الباسطة المتصالب''. تحدث جميع هذه الأفعال دون أن تفكر فيها أو تخطط لها، ولكن مخك يساعد على تقييم الموقف بعد ذلك. فقد يُفكر عقلك قائلًا: ``هذا مؤلم! من ترك قطعة الليجو هنا؟''.

ما دور المخ في هذه العملية؟

هل لاحظت أن المخ ليس ضمن القائمة الخماسية للأجزاء التي يتألف منها المنعكس؟ حسنًا، إن المنعكسات هي وظائف الجهاز العصبي التي تنسق أفعالنا. والجهاز العصبي هو شبكة من الخلايا العصبية التي تنقل جهد الفعل.

يقع المستشعر والخلايا العصبية خارج الحبل الشوكي فيما يسمى بالجهاز العصبي المحيطي (PNS). ويسمى الجزء الآخر من الجهاز العصبي بالجهاز العصبي المركزي (CNS)، والذي يتألف من المخ والحبل الشوكي. يعتبر الجهاز العصبي المركزي هو المسؤول عن التفكير والتخطيط والتعلم، كما أنه يتفاعل مع الجهاز العصبي المحيطي، بما في ذلك المنعكسات. هل تتذكر الأمثلة السابقة التي ذكرنا فيها أنك انبطحت أرضًا كرد فعل لصوت صاخب أو رفعت قدمك سريعًا بعد أن وقفت على قطعة ليجو؟ في هذه الأمثلة، قام الجهاز العصبي المركزي بمساعدتك على فهم ماهية الضجيج أو السبب وراء التحرك بشكل تلقائي. فهو لم يقم بالحركة الأولية ذاتها، ولكنه ساعدك على فهم السبب وراء انبطاحك أرضًا أو فهم أنك قد وقفت على قطعة ليجو. كما أن الجهاز العصبي المركزي يقوم بتخطيط كل الحركات الإرادية التي تأتي بعد المنعكس الأولي اللاإرادي. فربما تنحني لتلتقط قطعة الليجو من على الأرض بعد أن تقف عليها، وهو فعل إرادي صادر من الجهاز العصبي المركزي.

الخلاصة

هل تتذكر المثال الذي قام فيه الطبيب بالتربيت على ركبتك؟ هذا الاختبار يقيس مدى قوة استعداد جسمك لاتخاذ رد فعل. هناك الكثير من المنعكسات المختلفة التي تقوم بحماية جسمك. والاختبار الذي يقوم فيه الطبيب بالتربيت على الوتر هو اختبار للمنعكس البسيط أحادي المشبك الذي يتألف من مستشعر وخلية عصبية حسية وخلية عصبية حركية وعضلة. وبمجرد أن تصبح هذه الخلية العصبية الحسية نشطة، ينتقل جهد الفعل منها إلى الحبل الشوكي. ثم ينتقل جهد الفعل بعدها عبر المشبك العصبي إلى الخلية العصبية الحركية ويغادر الحبل الشوكي. أما المنعكسات الأكثر تعقيدًا، فهي تستخدم الخلايا العصبية البينية وتعرف **بالمنعكسات متعددة المشابك.** لا يشارك الجهاز العصبي المركزي في المنعكسات للوهلة الأولى. ولكن بعد أن يحدث المنعكس الذي يحافظ على أمان جسم الإنسان، فإن المخ يساعد الشخص في فهم ما حدث وتفسيره. وبالرغم من أننا لا نفكر قبل القيام بالمنعكسات، فإنها تمثل أجزاءً مهمة للغاية في أجهزتنا العصبية.

المنعكس متعدد المشابك (POLYSYNAPTIC REFLEX)

هو منعكس مركب يحتوي على الكثير من الاتصالات بين الخلايا العصبية.

شكر وتقدير

يتوجه المؤلفون بخالص الشكر إلى السيدة/Jenna Cooper وهي طالبة في Vernon Secondary School لإسهاماتها في العمل. كما يود المؤلفون التقدم بالشكر للسيد Jakob Jones - طالب في École Beairsto Elementary، والسيدة/Heather Jakobi - المدير المساعد في Arthur Voaden Secondary School لتعليقاتهم المفيدة على المسودة البحثية السابقة.

المراجع

1. Perenboom, M. J. L., Van de Ruit, M., De Groot, J. H., Schouten, A. C., and Meskers, C. G. M. 2015. Evidence for sustained cortical involvement in peripheral stretch reflex during the full long latency reflex period. *Neurosci. Lett.* 584:214–8. doi: 10.1016/j.neulet.2014.10.034
2. Chen, H., Hippenmeyer, S., Arber, S., and Frank, E. 2003. Development of the monosynaptic stretch reflex circuit. *Curr. Opin. Neurobiol.* 13:96–102. doi: 10.1016/S0959-4388(03)00006-0

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 10 ديسمبر 2021

حرره: Rich Ivry, University of California, Berkeley, USA

الاقتباس: Jakobi JM, Kohn S, Kuzyk S and Fedorov A (2021) آلية حدوث المنعكسات... والفرق بين المنعكسات البسيطة والمعقدة. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2017.00010-ar

مُترجَم ومقتبس من: Jakobi JM, Kohn S, Kuzyk S and Fedorov A (2017) When Kicking the Doctor is Good—A Simple Reflex. Front. Young Minds 5:10. doi: 10.3389/frym.2017.00010

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 © 2017 © 2021 Jakobi, Kohn, Kuzyk and Fedorov.
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

FRANCISCO, العمر: 15
أُدعى Francisco وأنا طالب في المدرسة الثانوية وأقيم في خليج سان فرانسيسكو. مادتي المفضلة ومجال التعليم الذي أحبه هو العلوم، وأحب ممارسة رياضة الإسكواش. عندما لا أكون منشغلًا بعمل ما، يمكن أن تجدوني منشغلًا بالرسم أو الطهي.

المؤلفون

JENNIFER M. JAKOBI
تعمل Jennifer M. Jakobi أستاذة مساعدة في School of Health and Exercise Science بـ University of British Columbia Okanagan. وهي عالمة أعصاب تدرس كيف يشيخ الرجل والمرأة بطريقة مختلفة. وهي الرئيسة للبرنامج المتكامل Diversity Networks of Advancing EM Team (iSTAND)، حيث تنظم وتعقد معسكرات حول علم الأعصاب للشباب الذين يدمجون البرمجة والهندسة مع علم الأعصاب المتعلق بالحركة البشرية. jennifer.jakobi@ubc.ca*

SIENNA KOHN
Sienna Kohn هي طالبة في السنة الرابعة في University of British Columbia Okanagan، حيث تدرس حركية الإنسان كتخصص رئيسي وعلم النفس كتخصص فرعي. وهي باحثة نشطة في مجال علم الأعصاب العضلي الفسيولوجي وقائدة طلاب في برنامج iSTAND، كما أنها شغوفة بالصحة والرشاقة خاصة التشريح وعلم الفسيولوجيا. ويعتمد بحثها على تقييم السمات المرنة التي تشبه المطاط للوتر.

SAMANTHA KUZYK

Samantha Kuzyk طالبة بالسنة الأولى في الدراسات العليا في Interdisciplinary Graduate Studies بـ University of British Columbia Okanagan، وقد قادت العديد من معسكرات iSTAND للتوعية بأهمية علم الأعصاب بالإضافة إلى أبحاثها في Healthy Exercise, Aging Lab، ويشمل مجال اهتمامها البحثي دراسة كيفية تأقلم الوتر مع الحركة والاهتزاز. كما أنها شغوفة بمساعدة الآخرين وتعلم المزيد حول جسم الإنسان. وقد أحبت عالم الأبحاث بسبب الإمكانيات التي يسلح بها الآخرين من كبار السن لينتقلوا إلى المرحلة المتأخرة من حياتهم بسلاسة دون مشكلات من خلال نتائج أبحاثها.

ANDREY FEDOROV

Andrey Fedorov طالب في السنة الرابعة يدرس حركية الإنسان. يحب التعلم ودراسة كل ما هو متعلق بجسم الإنسان. وعادة ما يطبق ما تعلمه في المختبرات على الرياضة وعلى عمله مع الأطفال في local Boys and Girls Clubs وبرنامج iSTAND. وتشمل دائرة اهتماماته دراسة كيفية تأثر العضلات والأوتار بالحركة.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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