

NEUROCIENCIA

A stylized illustration of a human brain in profile, facing right. The brain is composed of a network of white lines representing neural pathways or circuitry, set against a light blue background with a pattern of small white dots. Several nodes along these pathways are highlighted with small, glowing yellow and cyan circles, suggesting active neural connections or specific areas of interest.

IdaClass

MÓDULO III

EL APRENDIZAJE MOTOR

Los estudios conductuales y neurofisiológicos sugieren que el aprendizaje de habilidades motoras puede estar mediado por cambios discretos, impulsados por la experiencia, dentro de representaciones neuronales específicas que sirven al desempeño de la tarea entrenada. Hemos demostrado que unos pocos minutos de práctica diaria en una tarea de movimientos secuencial con los dedos, indujeron a grandes aumentos de rendimiento durante unas pocas semanas de entrenamiento.

Esta interpretación fue apoyada por los datos funcionales de MRI que muestran que una representación más extensa de la secuencia entrenada surgió en la corteza motora primaria después de 3 semanas de entrenamiento. Sin embargo, los datos de imágenes también indicaron cambios importantes que se producen en la corteza motora primaria durante las sesiones iniciales de exploración, que propusimos pueden reflejar la configuración de una rutina de procesamiento motor específica de la tarea.

Proponemos que el rendimiento motorizado se adquiera en varias etapas:

Aprendizaje "rápido", una fase inicial de mejora dentro de la sesión, Período de "consolidación" de varias horas de duración, Aprendizaje "lento", que consiste en ganancias retardadas e incrementales en el rendimiento emergente, después de la práctica continua. Este curso temporal puede reflejar mecanismos básicos de plasticidad neuronal en el cerebro adulto que sirven para la adquisición y retención de muchas habilidades diferentes. El desempeño de muchas tareas mejora, a lo largo de la vida, con la repetición y la práctica. Incluso en la edad adulta, las tareas simples, como alcanzar un objetivo o tocar de manera rápida y precisa una breve secuencia de movimientos de los dedos, que parecen, cuando se dominan, realizar sin esfuerzo, a menudo requieren un entrenamiento extenso antes de que se desarrolle un desempeño experto.

¿QUÉ CAMBIOS SE PRODUCEN EN EL CEREBRO ADULTO CUANDO SE ADQUIERE UNA NUEVA HABILIDAD A TRAVÉS DE LA PRÁCTICA?

¿CUÁNDO, Y DESPUÉS DE CUÁNTA PRÁCTICA, OCURREN ESTOS CAMBIOS?

Se ha encontrado que la reorganización funcional de las representaciones corticales sensoriales y motoras de mamíferos adultos ocurre en muchos modelos animales en las últimas dos décadas, demostrando de que a lo largo de la vida las propiedades funcionales de las neuronas del sistema nervioso central, así como el circuito neural dentro de diferentes áreas del cerebro, Se ha demostrado que estos cambios de representación se inducen no solo en respuesta a lesiones aferenciales sensoriales periféricas o centrales o vías eferentes motoras, sino también, en individuos normales, como resultado de la práctica y la experiencia.

El advenimiento de nuevas técnicas de imagen cerebral, especialmente la MRI funcional, que permite el mapeo repetido de representaciones corticales como consecuencia de la práctica a largo plazo, proporciona una manera de examinar durante un período prolongado los correlatos neurobiológicos del aprendizaje de habilidades en el cerebro humano adulto.

Revisamos nuestra MRI funcional con datos de comportamiento y los datos experimentales recientes de monos entrenados para realizar tareas motoras complejas para demostrar que el entrenamiento a largo plazo resulta en un rendimiento motor altamente calificado y específico, paralelo a la aparición de una específica, más extensa representación de una secuencia entrenada de movimientos en la corteza motora primaria contralateral (M1).

¿QUÉ CAMBIOS SE PRODUCEN EN EL CEREBRO ADULTO CUANDO SE ADQUIERE UNA NUEVA HABILIDAD A TRAVÉS DE LA PRÁCTICA?

¿CUÁNDO, Y DESPUÉS DE CUÁNTA PRÁCTICA, OCURREN ESTOS CAMBIOS?

Luego presentamos la resonancia magnética funcional y la evidencia de comportamiento para una etapa intermedia importante en la adquisición de la habilidad que se pone en marcha por unos pocos minutos de práctica y continúa evolucionando después de que la práctica haya terminado. Estos procesos pueden ser la base de la consolidación de la experiencia motora y, por lo tanto, proporcionar una base para la memoria a largo plazo de la habilidad. El aprendizaje puede depender en gran medida de los atributos físicos simples del estímulo presentado en el entrenamiento de una tarea perceptiva o de factores como las posiciones específicas de los órganos efectores, las trayectorias y la secuencia de trayectorias experimentadas en la motricidad. Recordemos que hay un tipo de aprendizaje declarativo (sucesos, episodios) y otro procedimental (acciones de la vida diaria). El aprendizaje declarativo puede ser muy rápido y puede tener lugar incluso después de un solo evento. En cambio, el aprendizaje procedimental es lento y, a menudo, requiere muchas repeticiones, generalmente durante varias sesiones de entrenamiento, para evolucionar. Por lo tanto, uno puede recordar el contenido de un libro después de una sola lectura, pero las habilidades de la lectura evolucionan en múltiples sesiones de práctica y requieren muchas repeticiones para establecerse.

CONSOLIDACIÓN LATENTE:

Los estudios realizados en las primeras décadas de este siglo han descrito una fase de consolidación latente en tareas perceptivomotoras bajo el término “reminiscencia”.

En el mono, el aprendizaje rápido, dentro de la sesión, así como las grandes ganancias incrementales en el rendimiento durante semanas de sesiones de entrenamiento diarias (aprendizaje “lento”) se han descrito en los paradigmas de aprendizaje perceptivo y de habilidades motoras. Los datos de los monos sugieren además que los cambios a largo plazo que pueden ser inducidos en diferentes áreas del cerebro por el aprendizaje de las habilidades motoras y perceptivas pueden estar subordinados a mecanismos similares de plasticidad.

El aprendizaje de muchas habilidades motoras implica la formación de nuevas secuencias de actividad muscular y la reconstrucción de arquitecturas de control muscular existentes.

Una característica de este aprendizaje es la velocidad mejorada de ejecución del motor sin deterioro recíproco en la precisión, lo que indica la adquisición de una nueva capacidad del sistema motor en lugar de la adaptación funcional dentro de los límites de un mecanismo de control de ganancia del motor preexistente.

En los últimos años, el aprendizaje de movimientos de dedos secuenciales, relacionados con habilidades como escribir, escribir o tocar instrumentos musicales, se ha convertido en un importante paradigma para el estudio de la adquisición de habilidades motoras mediante el uso de técnicas de imagen.

Además, M1 ha sido indicado por estudios en monos adultos como un lugar de aprendizaje de habilidades manuales, y se cree que es importante en el inicio de acciones motoras voluntarias, especialmente aquellas asociadas con habilidades manipuladoras finas. Finalmente, consideramos una posible analogía con los resultados de varias tareas básicas de percepción en las cuales se demostró que las representaciones corticales primarias se reorganizan en función de la capacitación y el aprendizaje.

Otros estudios han encontrado que en los lectores de Braille, la representación cortical sensomotora del dedo índice utilizada en la lectura fue significativamente mayor, comparada con la del dedo índice no dominante en esos sujetos y con la del dedo índice dominante de Sujetos no lectores de Braille.

De manera similar, un estudio reciente que utilizó imágenes de fuente magnética reveló que la representación cortical de los dígitos de la mano izquierda de los intérpretes de cuerdas, en el córtex somatosensorial primario, era mayor que los observados en los no musicales.

PLASTICIDAD NEURONAL RETARDADA

La plasticidad neuronal retardada, que evoluciona horas después de la experiencia inductora, se ha demostrado en varios estudios de la corteza visual en desarrollo en gatitos. Estos estudios demostraron que los cambios en las propiedades neuronales inducidos por una breve experiencia visual se hicieron efectivos, es decir, se consolidaron, solo después de un tiempo, de varias horas a varios días. Karni y Sagi han descrito ganancias similares en el rendimiento de los adultos que emergen un mínimo de 6 a 8 horas después del entrenamiento en una tarea de detección visual simple. El término consolidación se sugirió para el proceso, presumiblemente iniciado durante la sesión de práctica, que subyace a la mejora de las horas de desempeño después de que se terminó la experiencia de entrenamiento, y resulta en una memoria duradera de la habilidad.

Recientemente, mientras entrenaba a sujetos sobre cómo mover un manipulandum contra un campo de fuerza, Brashers-Krug et al. encontraron evidencia de un proceso continuo de consolidación después de que se terminó la capacitación para una tarea. La introducción de una segunda tarea dentro de una ventana de tiempo de varias horas después de la capacitación de la primera tarea interrumpió la mejora a largo plazo (durante la noche) de la misma.

En conjunto, estos resultados indican que la memoria del motor humano continúa evolucionando después de la sesión de entrenamiento, y con el paso del tiempo se transforma en una traza a largo plazo. Además, los datos establecen un importante paralelo entre el curso temporal del aprendizaje de habilidades motoras y el aprendizaje perceptivo y sugieren la idea de que el curso temporal del aprendizaje de habilidades puede reflejar las constantes temporales de los mecanismos neuronales básicos de almacenamiento de memoria que son compartidos por diferentes representaciones corticales en **EL CEREBRO ADULTO**.

CONCLUSIONES

Los datos de imágenes humanas junto con las mediciones de comportamiento de los efectos del entrenamiento a lo largo del tiempo conducen a dos ideas importantes sobre los sustratos neurobiológicos del aprendizaje de habilidades en el cerebro adulto.

Primero, la práctica puede poner en marcha procesos neuronales que continúan evolucionando muchas horas después de que la práctica haya terminado. Por lo tanto, incluso una experiencia de entrenamiento limitada puede inducir cambios conductualmente significativos en la actividad cerebral e iniciar efectos importantes a largo plazo que pueden proporcionar la base para la consolidación de la experiencia.

Segundo, el aprendizaje de habilidades motoras requiere tiempo y tiene dos fases distintas, análogas a aquellas que sirven al aprendizaje de habilidades perceptivas.

Una fase inicial de mejora rápida ("aprendizaje rápido") es seguida por un aumento gradual del rendimiento ("aprendizaje lento") posterior a la formación y de evolución lenta. La hipótesis es que el aprendizaje rápido implica procesos que seleccionan y establecen una rutina o plan óptimo para el desempeño de la tarea dada. El aprendizaje lento, por otro lado, puede reflejar las modificaciones continuas a largo plazo, quizás estructurales, de los módulos básicos de motor; puede implementarse a través del fortalecimiento dependiente del tiempo de los enlaces entre las neuronas motoras en función de la actividad correlacionada, y su reclutamiento en una representación específica de la secuencia entrenada de movimientos.