

Teorías del Aprendizaje Motor y su asociación con el Control Motor

Departamento de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Antofagasta, Antofagasta, Chile.

INTRODUCCIÓN

CONTROL MOTOR

Definición de control motor

Tipos de control motor

Teorías de control motor

APRENDIZAJE MOTOR

Definición de aprendizaje y aprendizaje

motor

Tipos de aprendizajes

Etapas del aprendizaje motor

Teorías del aprendizaje motor

CONCLUSION

BIBLIOGRAFÍAINTRODUCCIÓN

Durante la vida todo individuo se encuentra realizando actividades motorices, algunas de las cuales se hacen sin el mayor esfuerzo, sin siquiera pensar en ellas. Pero para aprender dichas actividades se requiere años de practica.

A menudo nos preguntamos ¿cómo aprendemos todas esas actividades que somos capaces de realizar? ¿Cómo no aprendemos no deseadas o mal adaptadas? ¿Cuál es el rol de la atención mental en el aprendizaje de estas habilidades?

No hay duda de que muchas horas de instrucción y de practica o la propia experiencia nos ayudan a desarrollar actividades más específicas.

Se puede definir como aprendizaje a un proceso por el cual una actividad recién empezada logra altos niveles de crecimiento de una actividad hábil. En un concepto más detallado corresponde a la capacidad de modificar las reacciones de un momento a otro en una misma situación o ante circunstancias similares. Mientras que control corresponde a dirigir o moderar una acción cualquiera.

En el aprendizaje el individuo se enfrenta a una situación que lo estimula, le origina cierta tensión y lo desequilibra. También se acompaña de condicionamientos inconscientes.

Existe diversa literatura que relaciona al control y al aprendizaje de las habilidades motoras. Esto puede ser debido a que el aprendizaje motor proviene de diversos tipos de controles motores.

Según Hull las respuestas que disminuyen la necesidad se refuerzan, y si no ocurre este refuerzo las respuestas se inhiben. De acuerdo a esto, el refuerzo provoca una organización del sistema nervioso que conecta estímulos y respuestas futuras en la secuencia en que ocurrieron cuando se produjo la necesidad.

Estudios también han demostrado cambios a nivel neurológico en el sistema nervioso central relacionados con el aprendizaje. Estos cambios incluyen un incremento en el número de conexiones sinápticas, un aumento de las bifurcaciones dendríticas y una alteración estructural de las vías que entran o salen en ciertas áreas y/o estructuras dentro del sistema nervioso.

CONTROL MOTOR

Definición:

El control motor es el estudio de las posturas y movimientos, y de los mecanismos que se encuentran bajo ellos.

Esta definición sugiere que todos los movimientos y posturas, sin importar la calidad de estos, son expresiones de control motor.

Tipos de control motor:

Existen diversos modelos que explican cómo se controlan las acciones motoras, debido a que diversos factores influyen sobre las actividades motoras.

a) Control Balístico:

Este control motor se inicia con el resultado deseado donde un controlador se encarga de traducir esto en un patrón apropiado de órdenes, las que determinan los programas motores adecuados para diferentes acciones. Estas órdenes producen un resultado real mediante su efecto sobre las estructuras efectoras. Si el controlador funciona adecuadamente el resultado real será igual al deseado.

Este modelo de control motor es muy simple, pero presenta un problema inevitable, vulnerable al ruido, lo que es cualquier clase de disturbio impredecible que hace que el resultado real sea diferente a lo que espera el controlador, lo que determina que dos órdenes no producirán exactamente el mismo resultado.

b) Anteroralimentación Paramétrica:

Surge como una manera de controlar el ruido en el sistema de control balístico.

El control del ruido se realiza mediante cierta clase de radar que monitoree el ruido antes de que afecte al sistema y usar esta información para modificar los parámetros del controlador.

Sin embargo este tipo de regulación está destinada al fracaso, porque existe una infinidad de cosas que pueden causar perturbaciones impredecibles y el cerebro no puede monitorearlas todas.

c) Retroalimentación Paramétrica:

Es un sistema que aprende de sus propios errores.

Este sistema necesita dos piezas nuevas: un comparador, que compara el resultado real con el deseado y la

señal de error que es una medida de que tan bien funciona el sistema. Esta señal de error se usa para modificar los parámetros del controlador pero no se interesa en la clase de ruido causa el problema.

Este sistema no tiene que contar con programas listos para cualquier clase de acción, puede empezar con programas simples útiles y después refinarlos con la práctica.

Aunque estos dos sistemas, la anteroalimentación y la retroalimentación paramétrica, pueden mejorar mucho el desempeño de los sistemas de control balístico no son perfectos, debido a que el controlador necesita haber adquirido conocimiento de como se comporta la planta en respuesta a cualquier orden enviada a ella y conservar esa información actualizada. Además la retroalimentación paramétrica solo se corrige después del acontecimiento.

d) Retroalimentación Directa:

Empieza, como antes, con el resultado deseado que se compara en todo momento con el resultado real. Sin embargo ahora la señal de error se usa directamente como aferencia para el controlador y genera ordenes motoras con la función de reducir la diferencia entre el resultado real y el deseado, en vez de usarse para cambiar los parámetros.

En un sistema así, en vez de calcular que hacer se especifica que se desea y el sistema hace todo lo demás por si mismo.

La enorme ventaja de estos sistemas, no es quizás, su simplicidad, sino es el hecho de que son prácticamente inmunes al ruido. Si ocurre algo inesperado que trastorne las relaciones la orden y la ejecución se notara de inmediato y se generan las ordenes apropiadas para alcanzar el resultado deseado.

La debilidad de este sistema es que su funcionamiento apropiado depende en forma critica de la rapidez y la confiabilidad de la información que recibe el comparador sobre el progreso de la acción. Es los sistemas fisiológicos, en que los procesos sensitivos y los receptores pueden ser muy lentos, esto puede ser un problema serio puesto que el sistema, en vez de responder al error como tal responderá al error como lo fue hace tiempo atrás.

e) Retroalimentación Interna:

La noción en este tipo de control es que es difícil obtener retroalimentación sobre resultados reales con la suficiente rapidez para que pueda usarse durante una acción. Sin embargo, puede ser posible como resultado de la experiencia predecir cual será la orden motora en particular, predecir cual será el resultado de una orden antes de que se produzca el efecto real.

El resultado deseado en un sistema de retroalimentación interna se compara con el resultado predicho, que se obtiene al enviar una copia de las ordenes motoras a un modelo neural de las propiedades mecánicas del cuerpo.

Este sistema es, en esencia un modelo general que no se encuentra ligado a un tipo de acción particular.

La existencia de la retroalimentación interna hace difícil la interpretación de los resultados de una estimulación experimental o de lesión.

Teorías de control motor:

Existen tres categorías generales que dominan la literatura en relación al control motor. Estas incluyen las Teorías de reflejos, las Teorías jerárquicas y recientemente aparece la Teoría de los sistemas

dinámicos. Mientras algunos investigadores han trabajado en el comportamiento, o como los psicólogos, en los niveles de análisis, otros han empleado modelos animales como un intento de identificar los mecanismos neurológicos actuales que yacen debajo de cada acción.

A) Teorías de Reflejo:

Esta se basa en el trabajo de Sherrington, quien considero el reflejo como la unidad fundamental del control motor.

Una adopción básica de esta teoría es que los eventos físicos que ocurren en el ambiente sirven como estímulos de acción, generando una cadena de circuitos de reflejos que son responsables para producir una respuesta de movimiento. Los receptores sensoriales en la piel, en los músculos y en las articulaciones son estimulados y estos gatillan otro sistema sensorial que excita al sistema motor responsable de producir la salida motora en los músculos y las articulaciones donde se origina el estímulo.

Según Sherrington la salida de una acción normal de reflejos del organismo es un coajustamiento ordenado y una secuencia de reacciones.

Los conductistas (Skinner 1938) también proponen y definen que la adquisición de patrones de movimientos y las habilidades motoras son la unión de movimientos individuales y una cadena del comportamiento. Estos descompusieron el concepto estímulo-respuesta en sus componentes. Primero esta la *sensación* o transmisión neural de los receptores sensoriales hacia el cerebro. Luego viene la *percepción*, que recupera la memoria a largo plazo para organizar, clasificar e interpretar las sensaciones, en otras palabras, la percepción cambia los datos de sensación en información percibida o significativa. Después de la percepción viene la *selección de respuestas*, donde se utilicen las percepciones actuales y las experiencias pasadas formulan una acción. Por último se encuentra la *ejecución de la respuesta* de un plan de acción, en este caso, las neuronas motoras envían señales desde el cerebro o de la médula espinal a los músculos.

Para estas teorías el feedback sensorial no es esencial para la ejecución de todos los movimientos.

B) Teorías de Jerarquía:

Estas teorías de control motor asumen que todos los aspectos de la planeación y ejecución del movimiento es responsabilidad de uno o más centros corticales que representan el nivel más alto de los comandos dentro de la jerarquía del sistema nervioso central. Estos ejecutores corticales contienen toda la información necesaria para la acción y los centros inferiores directos dentro del sistema nervioso llevan el movimiento prescrito. Más aun, estos son capaces de coordinar y regular los movimientos con o sin una referencia externa generada por una retroalimentación sensorial.

De acuerdo con estas teorías, las representaciones de los movimientos son almacenadas en la memoria en forma de planos o programas de movimientos. Se cree que esos programas motores consisten de conjuntos de preestructuras de comandos, los que están contruidos en los niveles corticales más altos y entonces comunican a los centros más inferiores la responsabilidad de ejecutar los movimientos.

C) Teoría de Sistemas Dinámicos:

También denominada teoría de los sistemas de acción, propuesta por Bernstein (1967), un fisiólogo ruso que contribuyó al entendimiento de como nuestros movimientos se controlan en los niveles neurológicos, y por Gibson (1966, 1979), quien estudio la acción en un nivel de análisis perceptual.

Esta teoría reestablece el rol del ambiente como una fuente importante de información para la acción.

También argumenta que el comportamiento motor resulta de la interacción de múltiples subsistemas (neurológicos, biológico, musculoesqueléticos). Ningún subsistema tiene prioridad sobre otro ni es el único capaz de controlar o de prescribir como surgirá una acción.

APRENDIZAJE MOTOR

Definición:

El aprendizaje motor corresponde a un conjunto de procesos internos que conducen a cambios relativamente permanentes en la capacidad individual para realizar actividades motoras. Este proceso no es observable efectivamente por si mismo y ocurre como una función de practica y de experiencia y no como resultado de la maduración, la motivación y/o el entrenamiento.

Tipos de aprendizajes:

Esta categoría abarca muchas maneras de aprender actividades motores, sin embargo podemos clasificarlas en asociativas y no asociativas.

a) Asociativos:

El aprendizaje ocurre al asociar dos hechos diferentes. Ejemplo de este tipo de aprendizaje son el condicionamiento clásico y el condicionamiento operante.

b) No Asociativos:

El aprendizaje ocurre con un hecho único que se integra en nuestra memoria. Un ejemplo de este tipo de aprendizaje corresponde a la *habituación*, es decir, a habituarse con cierto estímulo de tal manera de tener una reacción instantánea frente a este.

Etapas del aprendizaje motor:

En 1964, el psicólogo Paul Fitts propuso tres estados del aprendizaje motor:

A) Etapa Cognitiva:

Esta etapa se caracteriza por el intento de quien aprende por conocer la naturaleza de una habilidad motora en particular, usando información desde una variedad de diferentes fuentes.

Esta etapa del aprendizaje motor tiene una alta demanda de percepción y sensación y es aquí donde se realizan decisiones conscientes sobre la selección de la respuesta.

En esta etapa se producen numerosos errores y puede observarse, frecuentemente, a los practicantes hablando con ellos mismos, en un intento de producir patrones apropiados de movimiento.

B) Etapa Asociativa.

En esta etapa se aprende a activar y a refinar las habilidades motoras.

Una vez entrado en esta etapa se comienza a comprender como se ha interrelacionan los diferentes componentes de la habilidad. También se comienza a modificar y/o adaptar los patrones de movimientos como lo demanda la situación.

Una de los procesos de esta etapa es el trozamiento de la memoria, donde se trabaja, sobre todo, la memoria a largo plazo.

C) Etapa Autónoma:

Es la ultima etapa, en la cual las habilidades motoras se vuelven automáticas.

Una vez alcanzada esta etapa, el aprendiz se concentra sobre la automatización de los patrones de los movimientos y así la atención puede ser dirigida a otros aspectos de la actividad.

En esta etapa las decisiones conscientes son reemplazadas enteramente con translaciones inconscientes de estímulos en respuesta.

Teorías del aprendizaje motor:

Las teorías tradicionales del aprendizaje motor asumen que éste está caracterizado por el desarrollo de apropiadas representaciones de memoria de las habilidades adquiridas, que se usan para guiar actividades de parámetros específicos de movimientos, prescritas para la meta de dicho movimiento. Son dos las teorías que adoptan este sistema, la Teoría de Close Loop descrita por Adams (1971) y la Teoría de Esquemas de Schmidt (1975).

La Teoría Ecológica de percepción y acción descarta la necesidad de una representación discreta de acciones y se enfoca sobre la relación cambiante entre el individuo y el ambiente en el cual toma lugar su aprendizaje.

A) Teoría de Circuito Cerrado (Close Loop) de Adams:

Este modelo es, quizás, la primera teoría contemporánea desarrollada para describir como se aprenden las habilidades motrices.

Esta teoría enfatiza el rol esencial del feedback, o retroalimentación, es necesario para guiar los intentos de la actividad a realizar en las etapas tempranas de su aprendizaje. Los movimientos se ajustan de acuerdo a la percepción.

Se basa sobre las operaciones complementarias de dos diferentes estados de la memoria. El primer estado, denominado *diseño de memoria*, es el responsable para la selección e iniciación de un plan de acción, mientras que el *diseño perceptual* sirve como un mecanismo comparador entre el movimiento en progreso y una memoria correcta de dicho movimiento. Adams considero el reforzamiento de estos estados de la memoria por lo central para el aprendizaje de cualquier habilidad motora.

Las ventajas de este mecanismo de control incluyen la exactitud, la flexibilidad del movimiento y la capacidad para producir movimiento, mientras que las desventajas corresponden al incremento en la demanda de atención y el incremento del tiempo requerido para correcciones sucesivas.

Esta teoría se opone al modelo de control por Circuito Abierto (Open Loop Theory) del movimiento, el que se enfoca sobre la generación *a priori* de planes de acción por un centro ejecutor en alguna parte de la corteza cerebral.

En este control de movimiento toda la información es procesada antes de que el movimiento comience. Este movimiento debe de ser programado, almacenado en la memoria a largo plazo junto con su secuencia y cronometraje. Esta memoria se denomina como un programa motor y se define como un conjunto de comandos musculares que se estructuran antes de que comience el movimiento y que permite que la secuencia se lleve a cabo sin la influencia de un feedback periférico.

Este mecanismo tiene la ventaja de producir movimientos rápidos, sin feedback y se requiere poca o ninguna atención sobre estos. Sin embargo su desventaja es que no existe una regulación sobre el error y puede ser inefectivo frente a cambios del ambiente.

B) Teoría de Esquemas de Schmidt:

Schmidt desarrolló esta teoría en base a dos deficiencias de la teoría de Adams. La primera corresponde a la capacidad de almacenamiento mental de cada movimiento cada vez que se realiza. La segunda en cambio, plantea que la teoría de Adams no señala ningún mecanismo para explicar como las habilidades sin experiencia previa pueden ser realizados inicialmente.

La teoría de Esquemas readopta la necesidad de dos estados de memoria, los esquemas de *recuerdo* y de *reconocimiento de respuestas*, propuestos por Schmidt son ideados menos inflexiblemente y, por lo tanto, tienen más capacidad para explicar una capacidad de quien aprende para adquirir un amplio rango de habilidades motoras. Tal como el diseño de memoria de Adams, el esquema de recuerdo de Schmidt se involucra en la producción de un movimiento por ser el responsable de la selección de los valores de parámetros que especifican ese movimiento en particular. Una vez seleccionados estos valores y ejecutados los movimientos se transforma en responsabilidad del esquema de reconocimiento de respuestas la evaluación correcta del movimiento completo, en lo que se refiere a la cantidad y a la dirección de los errores.

Schmidt plantea la hipótesis de que mientras más se practique y se reciba una retroalimentación del propio mecanismo y de fuentes externas, el reforzamiento de ambos esquemas aumentara.

Esta teoría presenta un centro característico, el Programa Motor Generalizado (Generalized Motor Program GMP), una estructura de memoria abstracta que puede disponerse en el comienzo de un movimiento. Este mecanismo proporciona el medio por el cual se ejecuta un movimiento específico. Además, el GMP juega un rol importante particularmente en la ejecución de movimientos balísticos (en el cual el resultado deseado se traduce en una orden que se lleva a cabo independientemente de que haya ocurrido un error), donde la oportunidad de usar el feedback para guiar el movimiento esta limitada o no existe.

De acuerdo a este esquema, el desarrollo de los esquemas de recuerdo y de reconocimiento de respuestas es posible sobre la capacidad de quien aprende para extraer cuatro piezas importantes de información de cada actividad: la condición inicial asociada al movimiento, los parámetros específicos del movimiento o las especificaciones escogidas de las respuestas, las consecuencias que emergen del funcionamiento actual del movimiento y el resultado del movimiento.

Cuando cada pieza es extraída de la actividad, el aprendiz comenzara a ponerlas juntas. La relación entre las condiciones iniciales y los parámetros particulares del movimiento contribuirán a desarrollar el esquema de recuerdo, mientras que el esquema de reconocimiento se asume que se basa en la relación entre la condición inicial, el resultado del movimiento y las consecuencias sensoriales generadas.

Aunque esta teoría, como una explicación de abarcar todo acerca de la adquisición de las habilidades motoras, ha decaído, ciertas construcciones teórico-éticas emergidas de esta han perdurado.

Schmidt argumenta que el aprendizaje no solo depende de cuanto se practica una habilidad sino que también de como esta habilidad practicada varia.

c) Teorías Ecológicas de Percepción y Acción:

Estas emergen de un conjunto de papeles que influyen, escritos por Turvey y sus colegas (Turvey 1974, Turvey & Fowler 1978, Turvey & Carello 1988) en los que esbozaron una nueva teoría de aprendizaje motor incorporando conceptos descritos en la teoría ecológica de Gibson (1979) de percepción directa, y de los

trabajos de Bernstein en el área de la coordinación de los movimientos en el aprendizaje de las habilidades motoras. Esta teoría comparte un tema en común con la teoría de los Sistemas Dinámicos de control motor desarrollada por ambos autores (Bernstein 1967 & Gibson 1966, 1979), el cual es la interacción entre quien realiza la acción y las dinámicas del medio ambiente en el cual se mueve.

En contraste con las teorías más tradicionales de aprendizaje motor desarrolladas por Adams y por Schmidt, la teoría ecológica de percepción y acción descarta las explicaciones basadas en la memoria sobre el aprendizaje. Lo central de la proposición ecológica es la idea de que quien aprende busca descubrir las propiedades legítimas o las relaciones invariantes entre las presentaciones físicas de los objetos en el ambiente que hacen posible aprender ciertas habilidades motoras. Al haber descubierto estas propiedades, el aprendiz se vuelve más capacitado para generar soluciones para cualquier problema de movimiento que es encontrado. Esto enfatiza la relación cambiante entre las percepciones de quien actúa y la acción del ambiente en el que toma lugar este aprendizaje.

Newel (1991) identifico dos debilidades mayores asociadas a las teorías tradicionales del aprendizaje motor. La primera es la incapacidad de explicar como se aprenden nuevos patrones de coordinación. La segunda es la incapacidad para explicar la compensación espontánea hecha en respuesta a las perturbaciones o cambios que ocurren en el ambiente mientras se ejecutan los movimientos.

Los autores tradicionales se han opuesto a las aseveraciones hechas por los teóricos ecológicos. Schmidt argumenta que el rol del GMP ha sido malinterpretado y que es considerablemente más flexible y no específico en sus funciones que como lo dan a entender los ecologistas. Otra crítica frente a la proposición ecológica es cuanto al pequeño lugar, relativamente importante del conocimiento durante el aprendizaje. Colley (1984) describe un número de escenarios de movimientos en los cuales algún tipo de proceso cognitivo o representación mental necesita guiar la acción. Si el proceso de aprendizaje comenzara solo del medio ambiente, sería difícil imaginar como seríamos capaces de realizar las acciones apropiadas en la variedad de los deportes que se basan de reglas sin recurrir a una representación mental de algún tipo.

CONCLUSION

Al terminar nuestro trabajo podemos concluir que en la actualidad tanto las teorías de aprendizaje como las de control motor no han sufrido ningún cambio en cuanto a su estructura principal y cualquiera sea la escogida esta tenderá a recoger información proporcionada por alguna de las otras.

BIBLIOGRAFÍA

- Carpenters, R. H. S. Neurofisiología
- Day, Robert A. Cómo escribir y publicar trabajos científicos
- Kehoe, Thomas David Stuttering: Sciece, Therapy & Practice
- Lawther, John Aprendizaje de las habilidades motoras
- Pacheco, Carlos Guía de objetivos para la asignatura de neurofisiología kinesica aplicada