

El control motor en adquisición de habilidades motoras en daño visual central

Eliana Fernanda Montenegro Rosero

Fisioterapeuta Especialista en Neurorehabilitación



Foto archivo: Diseño e impresión UNIMAR

A continuación se presenta una reflexión sobre el control motor y el papel del fisioterapeuta según el paradigma contextual en el enfoque movimiento continuo, el movimiento como sistema complejo y sistemas dinámicos en la adquisición de patrones de movimiento en personas con daño visual central, sustentado en una revisión de la anatomofisiología de la función visual y en la visión de la importancia de la motivación para la ejecución y evocación de un patrón de movimiento.

El control motor en la adquisición de habilidades motoras en daño visual central

No se puede hacer referencia a una sola teoría enmarcada en un paradigma, debido a que en un momento de la historia de desarrollo de la concepción del control y aprendizaje motor, cada elemento encontrado hizo su aporte, lo cual es básico para dar pie a nuevas y continuas investigaciones de la realidad abordada y estudiada desde los diversos análisis;

su fin último es que el Sistema Nervioso Central (SNC) y en sí todo el organismo, incluyendo la psiquis, puedan utilizar la información previa y con retroalimentación de la misma, para poder hacer movimientos coordinados, efectivos, eficientes, convirtiendo pequeños mecanismos neuronales y eléctricos en potentes desplazamientos corporales o segmentarios de manera regulada, controlada a través de la actividad y la acción motora.

Existen diversos paradigmas dentro de la profesión de fisioterapia, los cuales son definidos como el modelo de pensamiento o interpretación de la realidad del control motor, dados por un contexto socio-histórico que fundamentan el quehacer profesional. Dentro de cada paradigma se da unas teorías, las cuales construyen el conocimiento próximo a la realidad, basado en las disciplinas de la filosofía, física, anatomía, fisiología, cibernética, entre otras, que construyen la profesión y su orientación y desarrollo, según lo referenciado por Bahamonde (2010).

El presente ensayo hace referencia al papel del fisioterapeuta en la adquisición de habilidades motoras en pacientes con daño visual central, y la importancia del control motor desde elementos del paradigma contextual, que aborda la realidad de cómo se lo entiende desde la concepción o enfoque de movimiento continuo, originado en Canadá, concibiendo el movimiento como la expresión del funcionamiento de las estructuras de cada uno de los subsistemas que conforman al hombre, desde lo micro: celular, tejidos, sistemas hasta lo macro: el individuo en el ambiente, en la sociedad, como sostiene Bahamonde (2010), complementado por la concepción de Colombia del movimiento como sistema complejo, donde se concibe “la sobreafluencia de las relaciones, de posibilidades de conexiones, de modo que ya no es posible plantear una correspondencia lineal, sino que la diferenciación permite la interacción de múltiples subsistemas con diferentes niveles de complejidad” según la comunidad cuerpo - movimiento - facultad - fisioterapia (Agamez, Arenas, Restrepo, Toro, Rodríguez, Vanegas, Vidarte, 2002) y la concepción de dinámica de sistemas, el cual “propone que el movimiento surge como resultado de elementos que interactúan, sin la necesidad de comandos específicos o de programas motores en el sistema nervioso” (Shumway-Cook & Woollacott, 1995).

Fundamentos anatomofisiológicos

Desde el momento de la concepción, el ser humano en su desarrollo ontogenético y filogenético, inicia un proceso de maduración del sistema nervioso central (SNC), los órganos de los sentidos, el sistema osteomuscular y el cardiorrespiratorio, fundamentales para la ejecución de movimientos voluntarios expresados en patrones motores con finalidad en todo el ciclo vital.

Cuando se hace referencia a “movimiento, memoria, emociones, aprendizaje, evolución, todos estos eventos dependen de cambios sinápticos a mayor o menor escala” (Zuluaga, 2005, p. 43); si se trunca este proceso de desarrollo debido a noxa perinatal, el SNC está expuesto a alteraciones en su composición micro y macro, por lo cual se requiere intervención temprana para facilitación de patrones de movimiento voluntario.

Al hacer el abordaje de los paradigmas de control motor y en sus teorías para entender su definición, el control del movimiento, los factores que se entrelazan en su ejecución y la percepción del mismo, Shumway-Cook et al. (1995) afirman que:

Cuando hablamos sobre control motor, en realidad nos referimos a dos elementos: el primero se asocia con la estabilización del cuerpo en el espacio, o sea, con el control motor aplicado al control de la postura y del equilibrio. El segundo se relaciona con el desplazamiento del cuerpo en el espacio, o sea, con el control motor aplicado al movimiento.

De esta forma, aquí definimos el término ampliamente, para abarcar tanto el control del movimiento como el de la postura. (p. 3).

El cuerpo humano requiere integralidad para determinar la instauración de los procesos para que cree conexiones e interconexiones entre los diferentes sistemas sensoriales, los cuales son el lazo entre el exterior y lo orgánico, que requieren ser codificados, almacenados y retroalimentados en los centros de procesamiento medular, subcortical y cortical, para que sean expresados en movimientos complejos y coordinados que tienen un fin, una motivación, sean ajustados a su realidad y obedezcan a las necesidades particulares de cada individuo.

Existen vías de información aferente por las cuales ingresan los estímulos percibidos del ambiente; por ejemplo, en la vía visual el haz de luz que llega desde el infinito óptico atraviesa las diferentes estructuras del globo ocular gracias a los medios transparentes que lo componen: dos lentes (la córnea y el cristalino) y dos líquidos: el humor acuoso (que nutre la

parte anterior del ojo) y el humor vítreo (que da la forma al globo ocular y permite el paso de luz hacia la retina). En la parte posterior del ojo, en un punto central de la retina llamado mácula, se encuentran las células especializadas para visión de color y profundidad (conos) y las que son activadas cuando la iluminación es baja (conos), que transforman la luz en estímulo eléctrico que viaja por el nervio óptico, llegando al quiasma óptico y hace sinapsis en el cuerpo geniculado lateral; por medio de la radiación óptica llega al área visual en región occipital del cerebro; además existen vías alternas al colículo superior, encargado de movimientos de cabeza y ojos respecto a tronco, núcleo supraquiasmático vía retina hipotalámica.

El impulso nervioso en corteza visual primaria requiere asociación con áreas visuales secundarias para analizar la información visual de manera tridimensional con áreas parietotemporales y área somatosensorial y motora para producir una respuesta eferente frente al input visual.

El sistema vestibular es valioso en el control del movimiento; tiene dos funciones: una sensitiva referente a la percepción del movimiento, la posición de la cabeza y la orientación espacial en relación con la gravedad, y otra motora que ayuda a estabilizar la mirada, la cabeza y la postura.

Además tiene dos componentes: uno periférico y otro central. El primero está constituido por estructuras del oído interno, el laberinto, formado por otolitos llamados utrículo y sáculo y canales semicirculares que actúan como acelerómetros y dispositivos de guía inercial que continuamente envían información sobre los movimientos y la posición de la cabeza y el cuerpo a los centros integradores localizados en el tallo encefálico, el cerebelo y la corteza somatosensorial. El segundo está compuesto por los núcleos vestibulares que tienen conexiones con estructuras del tallo encefálico y cerebelosas. Además posee inervación en forma directa con neuronas motoras de los músculos extraoculares, cervicales y posturales, y a su vez reciben información proveniente de los sistemas visual y somático.

El sustrato anatomofisiológico de las vías de los componentes central y periférico activan el reflejo oculo vestibular (ROV) que mantiene la mirada en un punto particular, estabiliza la mirada vertical en respuesta a las oscilaciones verticales lineales de la cabeza que acompañan la marcha; el reflejo vestibulocervical (RVC) y el reflejo vestibuloespinal (RVE) son esenciales para los ajustes posturales de la cabeza y el cuerpo.

También posee conexiones con el complejo nuclear ventral posterior del tálamo, que a su vez envía información a la corteza somatosensitiva y motora (corteza parietal posterior) áreas 3 y 5 que participan en la orientación de la percepción corporal en el espacio.

Existe un sistema sensitivo que transmite información desde los receptores localizados en la superficie del cuerpo y estructuras profundas, transmitida por medio de dos vías: el sistema de columnas dorsales-lemniscos que se encargan de sensaciones de tacto que requieren un grado elevado de localización del estímulo, sensaciones de tacto que requieren transmisión de graduaciones finas de intensidad, sensaciones fásicas como la vibratoria, sensaciones que señalan movimiento contra la piel, sensaciones de posición, sensaciones de presión, y el sistema anterolateral que se encarga de sensaciones de dolor, sensaciones térmicas, sensaciones de tacto grosero y presión, sensaciones de cosquillas y prurito.

Además existen unos reguladores del movimiento dado por los ganglios basales; la organización de los circuitos indica la modulación del movimiento; estos reciben información de la corteza y a su vez envían información a ella. Su principal función en asociación con el sistema cortico espinal es controlar los patrones complejos de actividad motora, regulado por el control cognoscitivo, actividad que determina qué patrones de movimiento serán utilizados juntos y en qué secuencia lograr un objetivo complejo, por tanto determina con qué rapidez se ejecutará un movimiento y se controlará su cantidad.

Otra estructura importante en la modulación del movimiento es el cerebelo, cuya función principal es la planeación

de las actividades motoras, controlar y hacer ajustes correctivos de las mismas, desencadenadas por otra parte del encéfalo. Retroalimenta la información proveniente de áreas de control motor, somatosensorial con áreas de la periferia del cuerpo, compara los movimientos reales con los predeterminados en el sistema motor; es decir, como afirma Llinás (2003, p. 50), “la pre-alimentación, por ser generada internamente, no requiere información sensorial, pero la retroalimentación, en cambio, sí requiere una entrada sensorial de la periferia para sintonizar adecuadamente el movimiento voluntario”; por tanto se aprende un movimiento por error, debido a que el circuito cerebeloso efectúa ajustes para hacer un movimiento más fuerte o débil.

También necesita áreas de asociación en corteza cerebral, llamadas áreas de cognición, referentes a la “capacidad de prestar la atención a los estímulos externos o a la motivación de identificar el significado de esos estímulos y a planificar respuestas significativas” (Puvers, 2007, pp. 249-750).

El papel de la fisioterapia en la adquisición de patrones de movimiento en personas con daño neurológico

La importancia de la fisioterapia en la adquisición de patrones de movimiento es relevante, debido a que tras una lesión neurológica, busca por medio de los procesos de habilitación y rehabilitación, basados en las teorías de control motor, la máxima capacidad funcional que pueda tener el individuo para la ejecución de los mismos, teniendo en cuenta que éste está inmerso en un contexto que, en íntima relación con el sustrato anatomofisiológico, a través de la anticipación, ideación y planeación motora, hace que modifique la capacidad de la acción motora, dependiendo de su prealimentación y retroalimentación y de poder exteriorizarlo en movimientos para modificar las conductas que demanda el medio en que se desenvuelve. Por tal razón, la fisioterapia hace que exprese el repertorio motor, dependiendo de las demandas que se le exija, y le imprime una intencionalidad movida por una motivación, ya sea de manera particular o del mismo medio, para que esos movimientos tengan un fin, sin importar la condición del indi-

viduo, partiendo de que el aprendizaje es continuo y permanente, y que, según los requerimientos demandados, puede cambiar ese repertorio motor, ajustarlo y modificarlo y así, volver a hacer un nuevo aprendizaje diario frente al cambio de las condiciones del contexto.

Si el SNC está indemne, los mecanismos fisiológicos y anatómicos hacen que el ser humano cumpla con procesos de retroalimentación para ejecutar una tarea específica, según cada necesidad particular en un ambiente; sucede lo contrario, ante una lesión neurológica; como lo afirman Shadmehr y Krakauer (2008, párr. 42)

Inferir en la función normal de los efectos de las lesiones es difícil por muchas razones, pero una es que los neurólogos tienden a equiparar las lesiones del sistema motor con un déficit en la ejecución, en lugar de ver el comportamiento como una posible forma de compensación en el estado del sistema nervioso.

Por principios de neuroplasticidad, el SNC puede cambiar y adaptarse frente a cambios en respuestas de señales, ambientes, experiencia, comportamiento, lesión y/o enfermedad; además puede ser respuesta ante un cambio en una función dentro de un sustrato neuronal particular a través de alteraciones en la fuerza sináptica, la excitabilidad neuronal, la neurogénesis o muerte celular.

Cuando aparece una lesión en el SNC que afecte el mecanismo normal y fisiológico en el que interactúa, lo percibido por la información aferente que llega a los órganos de los sentidos, lo espacial, visual, auditivo, el sentir por medio del tacto, y lo orgánico referente a las estructuras relacionadas con la fisiología, forman la construcción de la realidad almacenada en áreas específicas de cerebro en homúnculo o huella cortical somatosensorial y motora, y sus mecanismos de retroalimentación entre las estructuras que se involucran en la coordinación y regulación del movimiento a nivel subcortical y cerebelosa, hacen que cambien los procesos de ver el mundo, y requieran un aprendizaje continuo y permanente de nuevas formas de adquisición, ideación y planeamiento motor para ejecución de un movimiento lo más funcional posible, que se acerque a

su realidad dentro de un contexto patológico, como lo refieren Shumway-Cook et al. (1995) “el *aprendizaje* es como el proceso de obtener conocimientos sobre el mundo, y el *aprendizaje motor*, como el proceso de adquisición y/o modificación del movimiento”.

Por patología de base y, teniendo en cuenta la neuroanatomía, referenciada por Guyton (1997, p. 250): “El tallo encefálico sirve como instrumento de los centros nerviosos superiores, que le transmiten muchas señales ordenadas para iniciar o modificar las funciones de control específico”, teniendo gran importancia en el control del equilibrio y control del movimiento ocular, dado por los núcleos reticulares y los núcleos vestibulares, junto con el aparato vestibular y cerebelo. Así, se puede afirmar, como lo explica Manto (2009), que el cerebelo construye modelos internos y corrige los comandos de movimiento, comparables a una función de identificación del sistema. Los ganglios basales garantizan un óptimo control de movimiento, facilitando órdenes motoras. La corteza parietal integra los resultados propioceptivo y visual y la retroalimentación somatosensorial. La corteza pre-motora y la corteza motora transforman predicciones en series de descargas de neuronas motoras, realizan la codificación de la fuerza y la dirección del movimiento, al igual que el sistema límbico, en el cual hace retroalimentación, impregnándole la motivación, emoción, comportamiento, frente a la ejecución de una actividad-tarea diaria previa adquirida, o en los patrones que va a adquirir.

El aprendizaje motor es continuo, basado en ensayo-error-respuesta, siempre que al bombardear con *inputs* al SNC, se crea la imagen de la percepción del movimiento con un fin; es decir, que se necesita activar diversas áreas que intervienen en la ideación, planeación y ejecución de la actividad motora, no sólo para mover un segmento corporal, sino para darle intencionalidad al movimiento; es decir, si se realiza varias combinaciones de movimientos articulares para dar origen a un patrón de movimiento, es importante destacar que por medio de la retroalimentación, el ambiente y el espacio cambiante donde se desarrolla, se manifiesta activando unas

respuestas motoras según la necesidad y ajustes posturales; por ejemplo, el desempeño de la marcha de un individuo a otro siempre será particular, porque a pesar de que existen los mismos sustratos anatomofisiológicos, cada individuo lo expresa de manera diferente según lo adquirido por experiencia; es por eso que el papel del fisioterapeuta no sólo es hacer que el individuo se recupere o se aproxime a una funcionalidad de un patrón de movimiento, sino que además le imprima motivación para su ejecución y evocación, y si ya es automático, lo exprese frente al continuo cambio en los espacios en los que se desenvuelve.

Se realiza un seguimiento de una menor de 4 años 9 meses, que inicia tratamiento fisioterapéutico a la edad de 2 meses; parto a término con un diagnóstico de noxa perinatal severa, enfermedad cerebrovascular, infarto cerebral, hemiatrofia cerebral izquierda, encefalomalacia en lóbulo occipital izquierdo, síndrome de west, microcefalia, alteración de la vía visual central, retardo del desarrollo psicomotor con pronóstico inicial reservado, con medicamentos anticonvulsivantes; presenta una evolución favorable en adquisición de patrones de movimiento y en la actualidad evidencia una alteración en la coordinación en ejecución de patrón de marcha.

Conclusiones

De lo mencionado, se podría deducir que un marcado compromiso neurológico llevaría a un déficit o a la no adquisición de habilidades motoras, debido a grandes alteraciones del SNC por cambios en la histología, estructura, redes y electrofisiología desorganizada en el encéfalo por la enfermedad cerebrovascular, el infarto cerebral, hemiatrofia cerebral izquierda, encefalomalacia en lóbulo occipital izquierdo, síndrome de west, déficit cognitivo, que conllevaría al fracaso en la habilitación y rehabilitación de la menor.

Por el contrario, teniendo en cuenta las teorías actuales de control motor y el principio de plasticidad neuronal y cerebral correlacionados, se hace referencia a que el individuo es holístico, integral, particular, que requiere de un medio ambiente y los procesos de organización, activación, pre-alimentación,

retroalimentación, cognición, dados por investigaciones en los paradigmas en los cuales las teorías fueron desarrolladas sin enmarcarse en una, dado que cada aporte es valioso en su construcción y fundamentación. Por tanto, siguiendo un tratamiento de casi 5 años, se evidencia que el SNC de un infante es lo más moldeable posible dentro de su condición para la adquisición de patrones motores funcionales; es decir, que reorganizó los circuitos neuronales de control motor para suplir las necesidades de movimiento por el continuo aprendizaje, tras ensayo-error-aprendizaje, aunque persista una alteración en la captación central de los *inputs* visuales, dada por la hemiatrofia cerebral izquierda y encefalomalacia en lóbulo occipital izquierdo. Realiza patrón de marcha funcional gracias a la actividad y acción motora, aunque con limitación visoespacial y de profundidad en el medio en el que se desenvuelve; pese a su condición ejecuta los movimientos con intencionalidad y además presenta una motivación dada por la familia, que la estimula y la impulsa a mantener los patrones adquiridos durante el tratamiento, y no la han limitado por su condición.

Se plantea la importancia de una intervención fisioterapéutica temprana, pese a un diagnóstico médico complejo, marcado compromiso neurológico y pronóstico inicial reservado, resaltando que el aprendizaje y control motor son los pilares para el quehacer profesional en el abordaje desde una perspectiva de que el SNC puede modificar las interconexiones tras el ensayo-error-aprendizaje, para ejecutar una actividad o acción motora, previo un sustrato anatomofisiológico, abriendo nuevos retos frente a la investigación, fundamentación de los conceptos y formas de tratamiento en la habilitación y rehabilitación dados por la profesión de fisioterapia, y que una retroalimentación de los conocimientos genera una construcción permanente y continua de nuevos estudios y saberes, para dar una nueva perspectiva de la forma de abordaje en procesos de rehabilitación en individuos con lesión neurológica.

Referencias

Agamez, J., Arenas, B., Restrepo, H., Toro, J., Rodríguez, J., Vanegas, J. y Vidarte, J. Comunidad Académica Cuerpo Movi-

miento. (2002). Sentido del cuerpo para la persona con discapacidad para la locomoción. III informe de avance: el movimiento como sistema complejo. *Elfedeportes Revista Digital*, 5(26).

Bahamonde, E. (2010). *De las Teorías del movimiento a la Fisioterapia*. Recuperado de www.es.scribd.com/doc/33050668/De-las-Teorias-del-Movimiento-a-la-Fisioterapia

Guyton, A. (1997). *Anatomía y fisiología del sistema nervioso. Neurociencia básica* (2da. Ed.). Buenos Aires, Argentina: Editorial Panamericana.

Llinás, R. (2003). *El cerebro y el mito del yo*. Bogotá, Colombia: Editorial Grupo Editorial Norma.

Manto, M. (2009). Mechanisms of human cerebellar dysmetria: experimental evidence and current conceptual bases. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. Recuperado de www.mecanismos%20de%20dismetr%C3%ADa%20cerebelosa%20humanos%20%20la%20evidencia%20experimental%20y%20actuales%20bases%20conceptuales.htm

Puvers, D. (2007). *Neurociencia* (3ra.Ed.). Colombia: Editorial Panamericana.

Shadmehr, R. & Krakauer, J. (2008). *A Computational Neuroanatomy for Motor Control*. New York. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2553854/>

Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. (1995). *Motor Control: theory and practical applications*. Estados Unidos: Ed Williams and Wilkins.

Zuluaga, J. (2005). *Neurodesarrollo y estimulación* (3ra. Ed.). Bogotá, Colombia: Editorial Panamericana.