

TÉCNICA, BIOMECÁNICA y APRENDIZAJE MOTRIZ

Gustavo Ramón Suárez
Dr. Educación Física
Docente Instituto Educación Física
Universidad de Antioquia

Algunos deportes se caracterizan por patrones de movimiento que siempre se ejecutan en las mismas condiciones, tales como el lanzamiento del disco o la jabalina, el salto al potro en gimnasia, los saltos de trampolín o plataforma, etc. En este tipo de deportes, la ejecución de cada uno de los movimientos tiene las connotaciones de eficiencia o eficacia, es decir, o se deben realizar con mucha precisión (como el caso de la gimnasia) o se debe buscar un máximo rendimiento (los saltos). En estos deportes, los profesores o los entrenadores se ven en la necesidad de estudiar detalladamente dichos movimientos y seleccionar procesos metodológicos de tal manera que los atletas aprendan y optimicen dichos movimientos. Éste es uno de los grandes problemas del entrenamiento: hallar una estrategia metodológica que se pueda aplicar a muchos sujetos para facilitar el trabajo. En este trabajo intentaremos un acercamiento a algunos factores que pueden determinar o condicionar este problema.

La técnica de los movimientos en el campo deportivo ha sido definida por la comunidad científica de muchas maneras. Según Matveev (1985), la técnica deportiva es el medio para liberar la lucha deportiva. Weineck (1985) entiende la técnica como el conjunto de procesos desarrollados generalmente por la práctica para resolver más racional y económicamente un problema motor determinado. La técnica de una modalidad deportiva corresponde a un cierto tipo motor ideal, que aun conservando sus caracteres fundamentales, puede sufrir una modificación que corresponde a peculiaridades individuales, constituyendo así el estilo personal. Para Gutiérrez (2001), la técnica deportiva es el conjunto de modelos biomecánicos y anatomofuncionales que los movimientos deportivos tienen implícitos para ser realizado con la máxima eficiencia. Álvarez (2003) afirma que la técnica se puede definir como la ejecución de movimientos estructurales que obedecen a una serie de patrones tempo-espaciales, modelos que garantizan la eficiencia.

La técnica es, por tanto, una concepción ideal basada en los conocimientos científicos actuales, la cual cada atleta aspira a realizar y adaptar a sus particularidades biológicas e intelectuales. Se caracteriza por los siguientes factores:

- ☑ Se determina a partir de la estructura de un modelo funcional;
- ☑ Solo puede ser aplicada por el atleta;
- ☑ La persona que la realiza se relaciona con factores temporo-espaciales;
- ☑ Tiene como finalidad la ejecución de estructuras funcionales;
- ☑ La evaluación se hace a partir de la cantidad de errores que se realicen en su ejecución con respecto a la estructura modelo;
- ☑ Se ponen de manifiesto en todos los deportes, pero de forma determinante en los pertenecientes al grupo de arte competitivo (Gimnasia, Nado sincronizado, Patinaje artístico, etc.), ya que todas las ejecuciones técnicas realizadas durante la competición son evaluadas por los jueces que definen en gran medida el resultado final de cada competidor.

De las anteriores definiciones se puede establecer que no es posible ejecutar los movimientos de cualquier manera y, además, que los movimientos no son los mismos para todos los sujetos. En este orden de ideas, surgen preguntas tales como: ¿Cuáles son los criterios que se deben tener en cuenta para establecer los movimientos adecuados? ¿Cómo encontrar los movimientos adecuados para cada sujeto? ¿Cómo hacer que los sujetos aprendan los movimientos con un buen grado de efectividad?

Con respecto a la pregunta relacionada con los criterios, la *biomecánica deportiva* es reconocida y definida actualmente de diversas maneras:

- Ciencia que estudia las bases mecánicas de la biología y la actividad muscular, aplicándolas al estudio de los principios y relaciones implicadas (Webster, 1961).
- La aplicación de las leyes mecánicas a las estructuras vivas, especialmente al aparato locomotor del cuerpo humano (Dorland's, 1965)
- Es la ciencia que examina las fuerzas internas y externas que actúan sobre el cuerpo humano y el efecto que ellas producen (Hay, 1978)

- Interdisciplina científica que mide, describe, valora y proyecta el movimiento humano (Winter, 1990).
- Ciencia que estudia el movimiento mecánico en sistemas vivos y en particular en el sistema locomotor humano (Zatsiorsky, 1994).

Entre los objetivos actuales de la biomecánica deportiva se pueden citar:

- Análisis cinemático y dinámico de los movimientos deportivos.
- Determinación de los factores críticos de eficacia y de efectividad de los movimientos deportivos así como de los implementos deportivos.
- Selección de nuevos métodos de análisis de los movimientos.

A continuación revisaremos la evolución de los pasos seguidos en el estudio de los movimientos y la búsqueda de la técnica de ejecución.

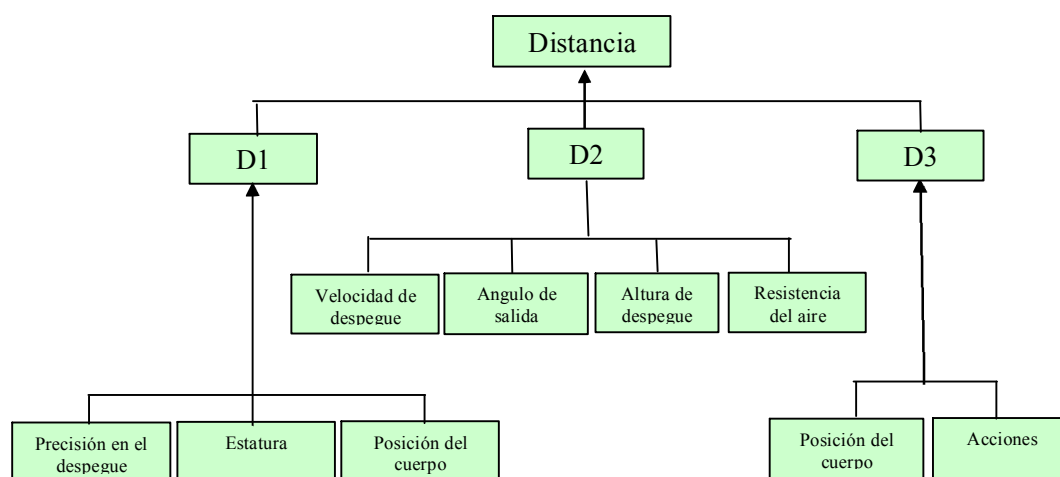
Luttgens y Wells (1982), proponen un modelo basado en cuatro pasos: a) describir la realización de la destreza, b) análisis anatómico, c) análisis mecánico, y d) recomendaciones para mejorar la actuación.

Grosser, Brüggeman, Zintl (1989), distinguieron cinco pasos sucesivos en el proceso de control y evaluación de la ejecución del movimiento:

- Análisis de la ejecución, tanto en entrenamiento como en competición;
 - Establecimiento de los objetivos, planificación de entrenamientos y competiciones;
 - Ejecución de entrenamientos y competiciones;
 - Control y análisis del entrenamiento y de las competiciones por medio de la auto-observación, y
 - Observación objetiva y evaluación, comparación de objetivos y corrección de errores.
- Para que esta tarea pueda llevarse a cabo, es necesario construir un perfil de las demandas del gesto donde se identifiquen las variables de eficacia del movimiento, decisivas para el rendimiento, así como las acciones realizadas por el deportista

Al comparar este último autor con la metodología de Luttgens y Wells (1982), se puede apreciar que se agrega el análisis en la competencia, paso muy importante, pues para ello se prepara el atleta.


Hay y Reid (1988) proponen los modelos biomecánicos, en los cuales establecen una secuencia causal de los fenómenos relacionados con los movimientos deportivos. En el primer nivel o nivel superior del modelo colocan el objetivo del movimiento; en un segundo nivel, los parámetros espacio temporales que generan o determinan el objetivo. El tercer nivel son las fuerzas lineales que condicionan los parámetros espacio-temporales. En el cuarto nivel o nivel inferior, los factores de momentos de fuerza o torques que generan las fuerzas lineales. En el esquema 1 se presenta el modelo del salto largo.



Esquema 1. Modelo biomecánico del salto largo en atletismo (Hay y Reid, 1988)

Esta metodología, propuesta por Hay (1993), tiene la particularidad de establecer los aspectos biomecánicos que determinan el movimiento. Estos modelos son usados actualmente como referentes básicos en el entrenamiento deportivo.

Tidow (1994) presenta una propuesta de análisis del lanzamiento de disco en un intento de integrar los aspectos técnicos a observar en cada fase. Su lista de control la divide en cinco columnas (Figura 1).



FASE	REFERENCIA	CRITERIO	VALORACIÓN			
			+	0	-	
POSICIÓN DE INICIO	A 9	Brazo lanzador / disco	En el punto más retrasado y alto			
	A 10	Pierna balanceo / pie	Cargada / Apoyado con toda la planta			
	A 11	Pierna de pivote / pie	Sin peso / Apoyada con el metatarso del pie			
	A 12	Cuerpo	En torsión			
	AB 13	Peso del cuerpo	Se dirige hacia la pierna de pivote			
	AB 14	Pierna de pivote / pie	Gira hacia el interior sobre el metatarso del pie			
POSICIÓN PUENTE	B 15	Rodilla	Flexionada			
	B 16	Brazo lanzador	Atrasado y elevado			

Figura 1. Fragmento de la *lista de control* del lanzamiento de disco propuesta por Tidow (1994).

Este autor selecciona los puntos críticos de cada movimiento y fases, y los lleva a una planilla de observación sistemática de manera que incluye una ayuda visual para el entrenador en el análisis de los errores que se cometen.

Kreighbaum y Barthels (1996), proponen un análisis que consiste en estudiar el gesto deportivo, relacionando los siguientes factores:

1. Identificar el objetivo del movimiento. El objetivo general de rendimiento se expresa en términos mecánicos. Por ejemplo, el objetivo del lanzamiento de disco es lanzar el implemento logrando la máxima distancia horizontal.
2. Dividir la habilidad en diferentes fases.
3. Identificar el propósito mecánico de cada fase de movimiento. Cada una de las fases tiene su propio propósito mecánico que facilita y contribuye el cumplimiento con éxito del objetivo general de rendimiento. En la medida en que se consiga el propósito mecánico de cada una de las fases del movimiento se establecen las condiciones ideales necesarias para conseguir el objetivo general de rendimiento.
4. Elaborar una relación de los factores biomecánicos que determinan la consecución del propósito mecánico.
5. Identificar los principios biomecánicos que relacionan los factores biomecánicos con el rendimiento.

6. Elaborar una relación de las características críticas de cada componente. Las características críticas son esas acciones corporales que pueden ser observadas por el entrenador.

Ferro y Floría (2007), con el objeto de identificar, clasificar y ordenar las variables que permitieran el análisis y valoración biomecánica de una técnica, elaboraron una estructura ordenada en forma de tabla o cuadro que albergaba indicadores de eficacia, tanto cualitativos y como cuantitativos. La creación de dicho cuadro se llevó a cabo a lo largo de las siguientes etapas:

- Recopilar la información relevante del gesto técnico.
- Fijar el objetivo final del movimiento.
- Dividir el movimiento en fases.
- Fijar los criterios de eficacia biomecánica de cada fase.
- Identificar los aspectos técnicos utilizados por los entrenadores para enseñar la técnica y mejorarla.
- Identificar y definir las variables biomecánicas que están relacionadas con dichos aspectos técnicos.
- Señalar los criterios de valoración.
- Anotar los valores aportados por la bibliografía para esas mismas variables biomecánicas.

En este punto se puede visualizar un problema: la relación entrenador – biomecánico. A pesar de la importancia de esta relación, son escasos los estudios científicos que se centran en analizar cómo deberían ser proporcionados los resultados de los análisis biomecánicos a los atletas y técnicos deportivos para que éstos puedan ser aplicados en la práctica diaria del entrenamiento deportivo (Gregor, Broker y Ryan, 1992).

Si bien los análisis biomecánicos de la técnica, por un lado, y las pruebas de campo realizadas por los entrenadores, por otro, podrían proporcionar dicha evaluación sistemática, no siempre se establece una comunicación fluida entre entrenadores y biomecánicos, no llegando a aprovecharse los conocimientos de ambos colectivos en

beneficio del deportista de alto nivel. Este hecho ha sido puesto de manifiesto por algunos autores en sus publicaciones más relevantes, habiendo aportado soluciones para resolverlo. Cabe citar los trabajos de Hay (1993), Kreighbaum y Barthels (1996), Knudson y Morrison (2002), McGuinnis (2005), Ferro (2001), García, Ferro, Valios, Planas y Olaso (1998), Floría (2006), Ferro y Floría (2006).

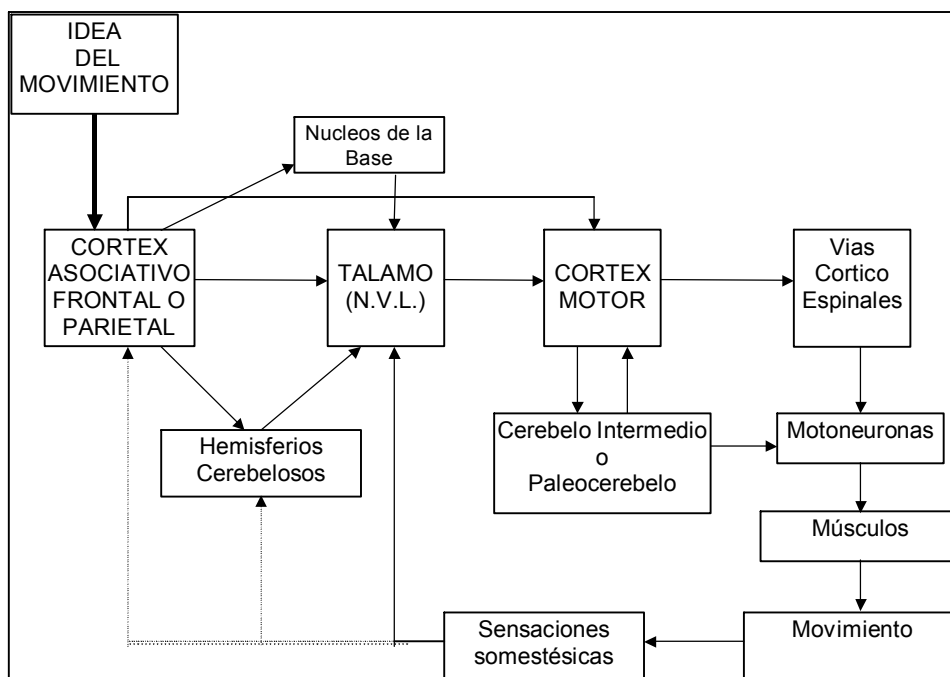
De esta manera, podemos decir que la biomecánica deportiva es una ciencia auxiliar del entrenamiento deportivo que se encarga de establecer por métodos confiables los factores determinantes de un movimiento deportivo, teniendo en cuenta las bases teóricas de la mecánica clásica y las características morfofuncionales de los atletas estudiados. Mediante procesos científicos se establecen los criterios de ejecución de los movimientos deportivos, criterios que se convierten en *la técnica de ejecución de los movimientos*.

Volviendo a las preguntas iniciales, otra de ellas es: ¿Cómo enseñar estos patrones de ejecución técnica a los atletas? A este respecto debemos revisar los conceptos de aprendizaje motriz.

Con referencia al aprendizaje, varios autores coinciden en caracterizarlo como un proceso interno del ser humano mediante el cual el comportamiento se desarrolla y cambia, principalmente con la práctica y la adquisición de experiencias; este proceso no es atribuible al desarrollo del individuo y produce cambios relativamente permanentes en la conducta del ser humano. Involucra procesos en el sistema nervioso central; no es directamente observable y se infiere del mejoramiento/cambio en el rendimiento/comportamiento.

De la misma manera, el aprendizaje motor es el estudio de cómo se adquieren las diferentes destrezas y movimientos motores y cómo son mejorados y especializados mediante los procesos de práctica y experiencia o el proceso mediante el cual se altera/cambia o desarrolla/mejora el comportamiento motor.

En cuanto al proceso que siguen los estímulos para ser codificados e interpretados, así como los que sigue el cerebro para ordenar e integrar las respuestas adecuadas, ello ha sido motivo de investigación. En el esquema 2 se resume la ruta.



Esquema 2 . Modelo de control central, según Allen y Tsukahara (1974).

El sistema nervioso funciona con base en células que registran los estímulos tanto internos como externos (sensores), células que procesan información (médula espinal, cerebelo, tálamo, cerebro) y células que activan músculos para dar respuesta (efectores). En el esquema 2 se muestran las sensaciones somestésicas como los sensores; el cerebelo, el tálamo, el córtex asociativo, como procesadores; el córtex motor, las vías corticoespinales y los músculos como el sistema efector o motor.

Se puede establecer que el sistema nervioso funciona a semejanza de un circuito integrado de los nuevos aparatos electrónicos. Así como en un sistema electrónico una de las unidades fundamentales es el *chip*, en el sistema nervioso lo es la neurona. Esta célula tiene la particularidad de cambiar su carga eléctrica interna como consecuencia de un estímulo, ya sea interno o externo. Otra de sus características funcionales es que poseen sitios anatómicos específicos por donde es sensible (las dendritas), otra parte (el axón) se encarga de conducir el cambio de carga hasta una parte denominada botón terminal o telodendrón. En esta parte se producen y concentran sustancias químicas conocidas como

neurotransmisores (adrenalina, noradrenalina, glutamato, etc.). Esta estructura anatómica y funcional genera una particularidad de las neuronas: conducen estímulos en una dirección predeterminada, desde las dendritas hasta los telodendrones (Kandel, Schwartz y Jessel, 2002; Llinás, 2003; Bustamante, 2004).

Utilizando estas características, se pueden establecer conexiones de células uniendo los telodendrones de una neurona con las dendritas de otra. La interconexión de estas células es de carácter electroquímico y se conoce como sinapsis. A esta serie de interconexiones se le denomina *vía nerviosa*. El sistema nervioso posee un sinnúmero de vías mediante las cuales interpreta tanto el medio externo como el interno. Los estímulos como la luz, el sonido, el calor, etc., poseen receptores especializados y áreas del cerebro para su procesamiento. Así, un estímulo sensitivo generado en la piel por un pinchazo es conducido hasta el bulbo raquídeo por una neurona, otra lo lleva hasta el tálamo y, finalmente, otra lo lleva a la corteza parietal, donde es interpretado como tal.

En lo referente al aprendizaje motriz, el sistema nervioso produce adaptaciones para lograr el objetivo de dominar los movimientos. De acuerdo con el esquema 2, se puede aceptar que en cada uno de los procesos indicados por flechas se pueden producir errores. Una de las premisas de la teoría del aprendizaje es optimizar cada uno de estos procesos. Por esta razón se pueden producir mejoras en: a) los sensores, b) la conducción del estímulo, c) en el paso de los estímulos, d) en los procesadores centrales, e) en la emisión de órdenes hacia los efectores y f) los efectores.

- Aprendizaje y sensores:

Se ha demostrado que la cantidad de corpúsculos de Meissner en los invidentes se incrementan para permitirles utilizar sus dedos a semejanza de los ojos, de manera que un ciego puede diferenciar entre monedas o billetes sin necesidad de mirarlos, gracias a que la mayor cantidad de sensores le permite suplantar los ojos.

- Aprendizaje y conducción de estímulos:

Durante el proceso de desarrollo, el sistema nervioso se mieliniza y este hecho favorece la velocidad de conducción de los estímulos al punto que un axón desmielinizado sólo

tiene una velocidad de 0,5 m/s, mientras que mielinizado, conduce estímulos a 120 m/s. (Rigal, 1988)

- En el paso de los estímulos.

Uno de los principales hallazgos del siglo pasado fue el hecho de que las células de la glía, llamadas astrocitos participan activamente en el funcionamiento de la sinápsis, estableciendo el concepto de la *sinapsis tripartita* (Martínez, 2006) pues tradicionalmente se había aceptado que la sinapsis sólo la constituían dos neuronas. Estos astrocitos mejoran el proceso de conducción de los impulsos y abastecen energéticamente el proceso. Se ha encontrado que los astrocitos se incrementan en los animales de experimentación que son sometidos a proceso de aprendizaje.

Otro de los grandes hallazgos en el siglo pasado acerca de las adaptaciones que produce el sistema nervioso cuando es sometido al proceso de aprendizaje es el hecho de la formación de nuevas neuronas (neurogénesis) encargadas del almacenamiento de la información. Según Araya y Camargo (2003), Altman y otros demostraron la existencia de neurogénesis en ratas y cobayos adultos mediante autorradiografía y evidencia histológica; sin embargo, este descubrimiento no tuvo la trascendencia esperada, y sus resultados sólo fueron tomados en cuenta cuando —de nuevo según Araya y Camargo— Nottebohm en 1983, demostró la existencia de neurogénesis en aves y, en 1985, que estas células eran funcionales (capaces de establecer conexiones y transmitir señales nerviosas).

Gould, Tanapat, Reeves y Shors (1999) establecieron una relación directa entre aprendizaje y neurogénesis. Ratas experimentales aumentaron el número de células en el hipotálamo (giro dentado). En 1988 habían encontrado una relación inversa entre estrés y número de neuronas. Erickson, Gage, Perfilieva, Bjork, Alborn y Peterson (1998) demostraron estos mismos eventos en sujetos voluntarios humanos entre los 57 y 62, con diferentes tipos de carcinomas.

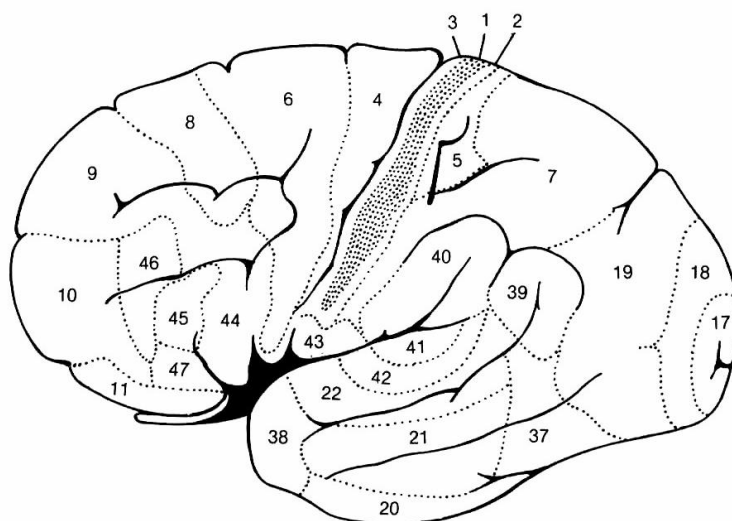
Estos hallazgos han revolucionado los conceptos actuales no sólo del aprendizaje sino del funcionamiento cerebral pues se consideraba que las neuronas son células que no se reproducen.

La acción de la Histamina (5-hidroxi-triptamina o 5HT) y otros transmisores facilitadores conducen al aumento de la liberación del transmisor y prolongan el potencial de acción, teniendo como consecuencia que los estímulos perduran más y se transmiten con mayor efectividad. Estos efectos se producen a corto plazo (minutos, horas) y son los responsables de la memoria a corto plazo.

Otras acciones de la histamina son las de actuar sobre los núcleos de las neuronas y activar los genes que controlan la producción (transcripción) de intermediarios como el AMPc y de proteínas (ubiquitina hidrolasa) que favorecen los procesos a corto plazo (incremento del potencial de acción y de vesículas de neurotransmisores) así como el crecimiento de terminales sinápticos o telodendrones.

- En los procesadores centrales:

El sistema nervioso central y en particular la corteza cerebral son centros de interpretación de los estímulos llevados a la misma por todo el sistema sensitivo. El estudio de la especialización de la corteza cerebral dio sus primeros pasos con Ramón y Cajal en 1949 y Von Economo en 1960, entre otros. Fueron los estudios de Brodmann (1909/1994) los que han permanecido desde que los propusiera. En el esquema 3 se presentan sus divisiones.



Esquema 3. Áreas corticales según Brodmann.

En el lóbulo occipital, áreas 17, 18 y 19, se procesan todas las informaciones visuales. Las áreas 17 y 18 son áreas primarias, mientras que el área 19 es asociativa, es decir, establece comunicaciones con las demás áreas para la mejor interpretación de los estímulos.

En el lóbulo temporal, áreas 41 y 42, se procesan todas las informaciones auditivas; en las 21 y 22 se encuentran centros relacionados con el lenguaje, también conocidas como el Área de Wernike.

En el lóbulo parietal, las áreas 3-1-2, 5 y 7 se codifican todas las informaciones provenientes de los sensores de tacto, presión, temperatura, estiramiento y contracción del músculo, de manera que en este lóbulo se establece la propiocepción corporal, la lateralidad y el dominio espacial.

En el lóbulo central están las áreas que tienen que ver con la parte efectora, es decir, con la parte motora. Las áreas 8, 6 y 4 están estrechamente relacionadas con la programación de las respuestas motoras (8 y 6) mientras que en el área 4 se producen las respuestas motoras. Es en el área 4 donde se inicia el fascículo corticoespinal o piramidal que controla todas las motoneuronas de la médula espinal. Es el sistema que controla los movimientos voluntarios.

Todas estas áreas son susceptibles de ser mejoradas debido a la plasticidad del sistema. Uno de los estímulos más poderosos para el mejoramiento de estas áreas es el movimiento. Llinás (2003) propone la teoría de que el cerebro aparece sólo en los animales que requieren moverse. Las anémonas degeneran su sistema nervioso una vez encuentran un lugar en el fondo del mar al cual adherirse.

Los estudios de retención y alteración de la memoria han apoyado un modelo, usado frecuentemente, de almacenamiento de la memoria en fases. La entrada de información al encéfalo se procesa en un almacén de *memoria a corto plazo*. Éste tiene una capacidad muy limitada (poco más de una docena de elementos) y, si no hay repetición, dura sólo un período de minutos. La información es transformada posteriormente, mediante algún tipo de proceso, en un *almacén a largo plazo*, más permanente. Un sistema de “*búsqueda y recuperación*” busca en el almacén de memoria y permite que se pueda disponer de la información para tareas específicas.

A partir de la amplia literatura sobre la neurobiología de la memoria, hay tres propiedades que parecen particularmente importantes: (1) la memoria tiene fases, (2) la memoria a largo plazo está representada en múltiples regiones en todo el sistema nervioso, (3) el almacenamiento de la memoria explícita o memoria de eventos o fechas, requiere al sistema del lóbulo temporal. Las memorias implícitas o que implican realización de movimientos involucran al cerebelo, a la amígdala y, en formas sencillas de aprendizaje, a los sistemas sensoriales y motores específicos activados por la tarea.

Parece ser que el hipocampo es sólo un depósito temporal de la memoria a largo plazo. En última instancia transfiere la información al córtex cerebral para su almacenamiento duradero. Otra posibilidad es que el hipocampo en ningún caso almacene a largo plazo la información pero en cambio tenga una función facilitadora que ayude a almacenar la información inicialmente procesada por el córtex inferotemporal.

Los mapas somatosensoriales del área 3-1-2 de Brodman (circunvolución parietal ascendente o giro postcentral) son sistemáticamente diferentes entre los individuos. Estos mapas reflejan su utilización y son por tanto dinámicos; sus conexiones funcionales se pueden expandir o retraer, en función de los aprendizajes.

La demostración de que el aprendizaje se asocia a cambios en la efectividad de las conexiones neurales, modifica la relación entre procesos sociales y biológicos en el modelado de la conducta, es base de la ciencia neural actual.

- En la emisión de órdenes hacia los efectores.

Así como existe un remodelamiento de las áreas sensitivas 3-1-2, las áreas motoras 8, 6 y 4 se reestructuran como ha sido demostrado en los estudios de transplante órganos, especialmente en los de manos o de brazos.

Los fenómenos conocidos actualmente como reclutamiento de unidades motoras para el desarrollo de la fuerza no son otra cosa que el control efector del movimiento. Este fenómeno es el que se intenta mejorar cuando se entrena la fuerza y es de hecho uno de los fenómenos mediante los cuales se explica el incremento de la misma.

Finalmente, los músculos como parte final del mecanismo efector es uno de los procesos que más evidencias proporciona cuando se trata tanto de aprendizaje motor como de rendimiento motor. Un principiante utiliza más musculatura de la que debe, o menos, motivo por el cual sus movimientos son torpes. Una vez aprendido el movimiento, la activación de los músculos es más precisa.

Hotz y Weineck, (citados por Vernetta, Delgado, y López,) descomponen el proceso de instrucción técnica en cuatro fases. Estas fases no son otra cosa que la aplicación de todo el proceso que sigue el encéfalo en el procesamiento y adquisición de nuevos conceptos. Veamos las fases:

1. Fase de información y aprehensión. El sujeto toma conocimiento de los movimientos a ser aprendidos y crea las bases necesarias para la concepción de un proyecto de acción. En este punto, el sujeto es ayudado por sus experiencias motoras previas, su nivel motor y su capacidad de observación.

Como hemos visto, el cerebro posee el área 8 y el área 6 que son las encargadas de programar los movimientos. Cuando a un alumno se le informa del movimiento que va a realizar y adquiere la idea del mismo, las áreas 8 y 6 pueden ser más eficaces que cuando no se le informa.

2. Base de coordinación rústica. Las primeras experiencias de ejecución práctica, como las indicaciones verbales, representan la información principal de esta fase. Al finalizar esta etapa, el dominio del problema se encuentra en una fase rústica. Los fenómenos relativos a este nivel son: un esfuerzo excesivo y parcialmente errático; la brusquedad en el desarrollo temporal; la ejecución angulosa de movimientos; la amplitud insuficiente; la cadencia motora falsa (muy rápida o muy lenta); la falta de ritmo y de secuencia y la falta de precisión motora.

Dado que los procesos de análisis de la información, interpretación y decisión requieren de procesos químicos, la producción eficiente en el movimiento depende de que estas reacciones físico-químicas se establezcan. En esta fase, por lo tanto, la producción de errores es grande, generándose lo que se conoce como descoordinación, falta de ritmo, etc.

3. Fase de coordinación fina. Los fenómenos que caracterizan a esta etapa son: el costo energético adecuado, el gasto de fuerza necesario, la amplitud y los ritmos motores racionales y los movimientos más fluidos. El aumento de la precisión motora se encuentra aquí globalmente ligada a una constante comprensión perfeccionada de las informaciones verbales o de otra naturaleza.

Como se estableció en el párrafo anterior, una vez el sistema nervioso central optimice sus procesos, las respuestas motoras serán más eficientes, es decir, el sistema piramidal o corticoespinal está consolidado.

4. Fase de consolidación, perfeccionamiento y disponibilidad variable. En esta fase encontramos la coordinación exitosa de movimientos, aun en condiciones difíciles o no habituales. La automatización permite al deportista centralizar la atención en los puntos críticos del desarrollo motor, y precisamente el fenómeno que caracteriza a esta etapa es la fluidez constante y armónica de los movimientos.

En esta fase, el sistema nervioso central genera nuevas neuronas para crear la memoria de los procesos efectuados. Como se estableció, los núcleos basales (tálamo, núcleo caudado, núcleo lenticular), el hipotálamo, la amígdala y el cerebelo almacenan todos los comportamientos motores y el movimiento ya no requiere de un control voluntario.

CONCLUSIÓN

Los campos de la técnica, la biomecánica y el aprendizaje motriz no deben seguir caminos separados. Todos ellos han de verse como campos del saber que deben estar integrados, pues aunque la ciencia los separe para sus análisis, en el mundo del movimiento humano, en particular en el movimiento deportivo, se producen integradamente. Los profesores de Educación Física y los entrenadores deportivos en particular, deben aprovechar el conjunto de conocimientos proporcionados por cada una de estas disciplinas y usar esta información integralmente.

REFERENCIAS:

- Allen, G. & Tsukahara, N. (1974) Cerebrocerebellar communication systems. *Physiological Reviews*, 54, 957–1006.
- Álvarez, A. (2003). Estrategia, Táctica y Técnica: definiciones, características y ejemplos de los controvertidos términos. *Lecturas, Educación Física y Deportes*. 9(60).
- Araya, L. & Camargo, F. (2003, julio - septiembre). Proliferación Neuronal Cerebral en humanos adultos: Una nueva esperanza terapéutica. *Vitae*, 16, artículo 8. Recuperado de <http://caibco.ucv.ve/caibco/CAIBCO/vitae/VitaeDieciseis/Articulos/Neurociencias1/ArchivosHTML/evidencia.htm>
- Brodman, K. (1994). *Brodman's 'Localisation in the Cerebral Cortex'*. Londres: Smith-Gordon.
- Dorland's Illustrated Medical Dictionary*. (1965). Philadelphia, Estados Unidos: W.B. Saunders Co.
- Eriksson, P., Gage, F., Perfilieva, E., Bjork-Eriksson, T., Alborn, AM., Peterson, D. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. En *Nature Neuroscience*, 4 (11), 1313-17.
- Ferro, A. & Floría, P. (2007). La aplicación de la biomecánica al entrenamiento deportivo mediante los análisis cualitativo y cuantitativo. Una propuesta para el lanzamiento de disco. [Versión electrónica], *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 7(3), 49-80 en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/710/71000705.pdf>
- García-Fogeda, A., Ferro, A., Valios, J.C., Planas, A. y Olasso, S. (1998). *El ritmo del lanzamiento de disco*. En Aguado, X. (Ed.) México: Universidad de León, pp. 97-100.
- Gould E.B., Tanapat, P., Reeves, A. & Shors, T.J. (1999). Learning enhances adult neurogenesis in the hippocampal formation. En *Nature Neuroscience*, 2 (3), 260-5.
- Gregor, R.J., Broker, J.P. & Ryan, M.M. (1992). Performance feedback and new advances. En R.W. Christina y H.M. Eckert (eds.). *Enhancing Human Performance in Sport: New Concepts and Developments*. Champaign: Human Kinetics, pp. 19-32.
- Grosser, M., Brüggeman, P. & Zintl, F. (1989). *Alto Rendimiento Deportivo*. Barcelona: Martínez Roca.
- Hay, J.G. & Reid, J.G. (1988). *Anatomy, Mechanics, and Human Motion*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Hay, J.G. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

- Kandel, E.R., Schwartz, J.H. & Jessel, T.M. (Eds.). (2002). *Principios de Neurociencia*. Madrid: McGraw-Hill.
- Knudson, D.V. & Morrison, C.S. (2002). *Qualitative Analysis of Human Movement*. Champaign: Human Kinetics.
- Kreighbaum, E. & Barthels, K.M. (1996). *Biomechanics: A Qualitative Approach for Studying Human Movement*. Needham heights: Allyn and Bacon.
- Llinás, R. (2003). *El cerebro y el mito del yo*. Bogotá: Editorial Norma.
- Luttgens, K. & Wells, K. (1982). *Kinesiología. Bases Científicas del Movimiento Humano*. Madrid: Augusto E. Pila Teleña.
- Martínez, E. (2006, mayo). Las neuronas pierden el monopolio de la comunicación cerebral. Recuperado de *Tendencias Científicas*, en http://www.tendencias21.net/index.php?action=article&id_article=380013
- Matveev, Lev (1985). *Fundamentos del Entrenamiento*. Raduga.
- McGuinnis, P.M. (2005). *Biomechanics. Biomechanics of Sport and Exercise*. Champaign: Human Kinetics.
- Rigal, R. (1988). *Motricidad Humana. Fundamentos y aplicaciones pedagógicas*. Madrid: Editorial Pila Teleña.
- Tidow, G. (1994). Model technique analysis sheets part IX: the discus throw. En *New Studies in Athletics*, 9, 47-68.
- Vernetta, M.; Delgado, M.A. & Lopez, J. Aprendizaje en Gimnasia Artística. (1996) Un estudio experimental con niños que analiza ciertas variables del proceso. *Revista Motricidad*, 2, 95-112. Recuperado de <http://www.cienciadeporte.com/motricidad/2/art5.pdf>
- Webster's Third New International of English Language (1961). Springfield, Mass: G&C Merriam CO.
- Winter, D.A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*. Canadá: Wiley-Interscience publication.
- Zatsiorsky, V. (1994). *Advanced Sport Biomechanics*. Pensilvania, Estados Unidos: The Pennsylvania State University, Boimechanics Laboratory.