

COMPETENCIA MOTRIZ, DINAMISMO Y COMPLEJIDAD EN EDUCACIÓN FÍSICA. PARTE I

Autores

D. LUIS MIGUEL RUIZ PÉREZ
UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA

Resumen

En el presente artículo se realiza una reflexión sobre los actuales momentos en los que la interpretación del aprendizaje de habilidades se encuentra. De la hegemonía de los postulados emanados de la psicología cognitiva, se está dando paso a posiciones surgidas de los postulados de la psicología ecológica de Gibson, de los sistemas dinámicos y de la caología así como de las propuestas del fisiólogo ruso Nicolás Bernstein. Se repasan los conceptos más relevantes de este nuevo enfoque y se plantea la necesidad de favorecer una integración entre los modelos cognitivos y dinámicos para poder comprender mejor el proceso de adquisición.

Palabras claves: Competencia motriz, educación física, cognición, sistemas dinámicos

La educación física entre el ordenador y los programas

Desde que en 1993 (Ruiz, 1993) adoptásemos la noción de competencia motriz para comprender lo que ocurre en las sesiones de educación física, los enfoques y la explicación de estos fenómenos ha sufrido transformaciones, y la concepción preferentemente centrada en la cognición de los escolares está conviviendo con posiciones más dinámicas y ecológicas en la comprensión de los fenómenos coordinativos y del desarrollo de la competencia motriz.

Con este título tan explícito Johnson-Laird (1990) destacaba el papel tan importante que para el siglo XX tuvo la metáfora del ordenador, la comparación del cerebro y la mente de los individuos con las potentes máquinas procesadoras de información, capaces de computaciones a velocidades inimaginables décadas atrás. En su prólogo el profesor García Madruga indicaba que era un texto que presentaba de forma global y completa el campo de conocimiento denominado Ciencia Cognitiva. Y es

este enfoque cognitivo el que ha predominado y predomina a la hora de estudiar el aprendizaje de habilidades, de tal manera que en uno de sus apartados (pp.185-204) lo dedica a "La acción y el control del movimiento".

Sin duda sus preocupaciones están referidas a explicar los mecanismos implicados en el control de los movimientos con una clara implicación para el desarrollo de sistemas automatizados y de robots. Como indican Schmidt y Fitzpatrick (1996) la construcción de una teoría del aprendizaje motor presupone una teoría del control motor, ésta supone una síntesis de los componentes que subyacen a la producción de un movimiento coordinado mientras que la teoría de la aprendizaje motor especifica cómo estos componentes llegan a estar reorganizados a través de las interacciones con el medio.

Esta ha sido la clave de las últimas décadas en la explicación del aprendizaje motor y su estudio se adueña de nociones y conceptos emanados de la cibernética, la teoría matemática de la comunicación, de los sistemas, de la inteligencia artificial, la ciencia cognitiva o la robótica, es decir, los avances científicos que en otras áreas del saber, ofrecían la posibilidad de comparar al aprendiz con un procesador (ordenador) de información, capaz de actuar, pero en el que lo relevante eran los

procesos perceptivos y cognitivos. La causa del cambio motor era responsabilidad de una instancia superior que organizaba y programaba lo que las instancias inferiores debían llevar a cabo. Es ésta la razón por la que a este tipo de modelos se les ha denominado modelos jerárquicos y son habitualmente representados en diagramas de flujo en el que los diferentes componentes están interconectados.

El control de los movimientos que se reclama en las sesiones de educación física puede ser de carácter retroactivo y se produce merced a los mecanismos de retroalimentación sensoriales, mensajes que informan a los sistemas de regulación motriz del sujeto de su estado interno en referencia al movimiento producido y de sus relaciones con el medio de forma prácticamente continua, de ahí el apelativo de sistemas de control en *circuito cerrado a los modelos del control motor que se fundamentan en la acción de los mencionados mecanismos de retroalimentación* (Ruiz y Sánchez, 1997).

Imaginémonos que una sesión de educación física en la que los alumnos hayan traído sus patines para practicar con ellos y desarrollar esta competencia. Nada más ponerse en pie sobre ellos, infinidad de sensores empiezan a enviar mensajes al procesador cerebral para que éste sepa cual es la situación, si el equilibrio está salvaguardado o si por el contrario se debe adoptar algún tipo de estrategia correctora. Previamente múltiples respuestas reflejas y automáticas se han desencadenado para salvaguardar su integridad, estableciéndose ciclos de realimentación que mantienen la situación actual o que la corrigen.

Al emplear estas informaciones procedentes de los mecanismos de retroalimentación los alumnos tratan de mantener su nivel de actuación, para no caerse o de eliminar los errores y desajustes que hayan podido surgir ya que comparamos el objetivo motor pretendido (valor previsto), el cual está representado en forma de un esquema subjetivo de acción en nuestra memoria, con los datos actuales (posición sobre el aparato, rodamiento, movimiento de los brazos, referencias espaciales, etc.), como elemento de referencia.

Pero la complejidad de las habilidades que configuran los programas de educación física hace que sea insuficiente un enfoque del control motor basado en las retroalimentaciones, de ahí que se especulase con la existencia de un control central, de un director de orquesta que controlase la ejecución de la partitura motriz sin que las retroalimentaciones fueran estrictamente necesarias. Dicha partitura (programa motor) debiera existir previamente para que cada uno de los elementos de la orquesta (sistema motor) que deba actuar, lo hiciese de forma armoniosa para que la melodía cinética se manifieste en su más alta expresión.

Este ejemplo nos sirve para acercarnos a otro conjunto de explicaciones sobre el control motor que nos

permite comprender cuando la melodía no es clara o armónica, cuando los grados de libertad de las que nuestro cuerpo dispone no se coordinan en un gesto melódico o armonioso, lo cual podría deberse a que la partitura no esté claramente transcrita o a que la propia obra no esté bien construida, y el compositor deba preocuparse de componerla mejor para que pueda ser ejecutada por la orquesta. Pero quién es el compositor, quiénes conforman la orquesta, quién es el director, cómo se construye la partitura, etc. son aspectos claves para comprender la programación central de las acciones (Ruiz y Sánchez, 1997).

Existen movimientos que por su rapidez hacen, de hecho, imposible su regulación momento a momento vía una retroalimentación sensorial, y que, por lo tanto, reclaman una programación previa del mismo. Como ocurre con las orquestas, son muchas la horas que deben emplearse para que todos los instrumentos se coordinen y participen cuando es necesario, algo similar ocurre con el organismo de los aprendices que deben ordenar la participación de los diferentes grupos musculares, en el momento, en la forma y con la energía necesaria.

La noción de *programa motor* ha sido clave para los defensores de este tipo de ideas y fuente de críticas por parte de los partidarios de las tesis ecológicas y dinámicas. En dichos programas estaría contenida la información necesaria para la acción, con la especificación de todas la secuencia de instrucciones precisas, con lo que podemos establecer como analogía a una partitura o utilizando un símil más moderno a un programa de ordenador.

Sin duda, tanto una concepción del control motor, como la otra, no terminaron por explicar la complejidad de los aprendizajes motores humanos, de ahí que surgiera la necesidad de buscar modelos híbridos que diesen satisfacción a lo que en las sesiones de educación física o en los contextos de aprendizaje motor se observaba y constataba diariamente. Como ocurre en la vida cotidiana el programa motor de la marcha se despliega sin problemas cuando paseamos por la calle leyendo el periódico o cuando bajamos las escaleras de nuestra casa, pero, *¿qué ocurre cuando la luz de la escalera se apaga, o cuando el terreno deja de ser uniforme y empezamos a recibir mensajes de que es necesario controlar más nuestra marcha o bajada, si no queremos caernos?*

Los modelos de carácter híbrido tratan de explicar la capacidad adaptativa a las diferentes situaciones de las respuestas motrices del ser humano, tanto las que pueden ser explicadas mediante un control motor momento a momento, como las que su control se fundamenta sobre la base de patrones motores bien definidos y almacenados en la memoria (*programas motores*) y con un exigencia alta de velocidad en la ejecución. La explicación hipotética de como se puede producir el control motor en ambos casos se resume esquemáticamente en el modelo de Kerr (1982) muy adecuadamente (Figura 1).

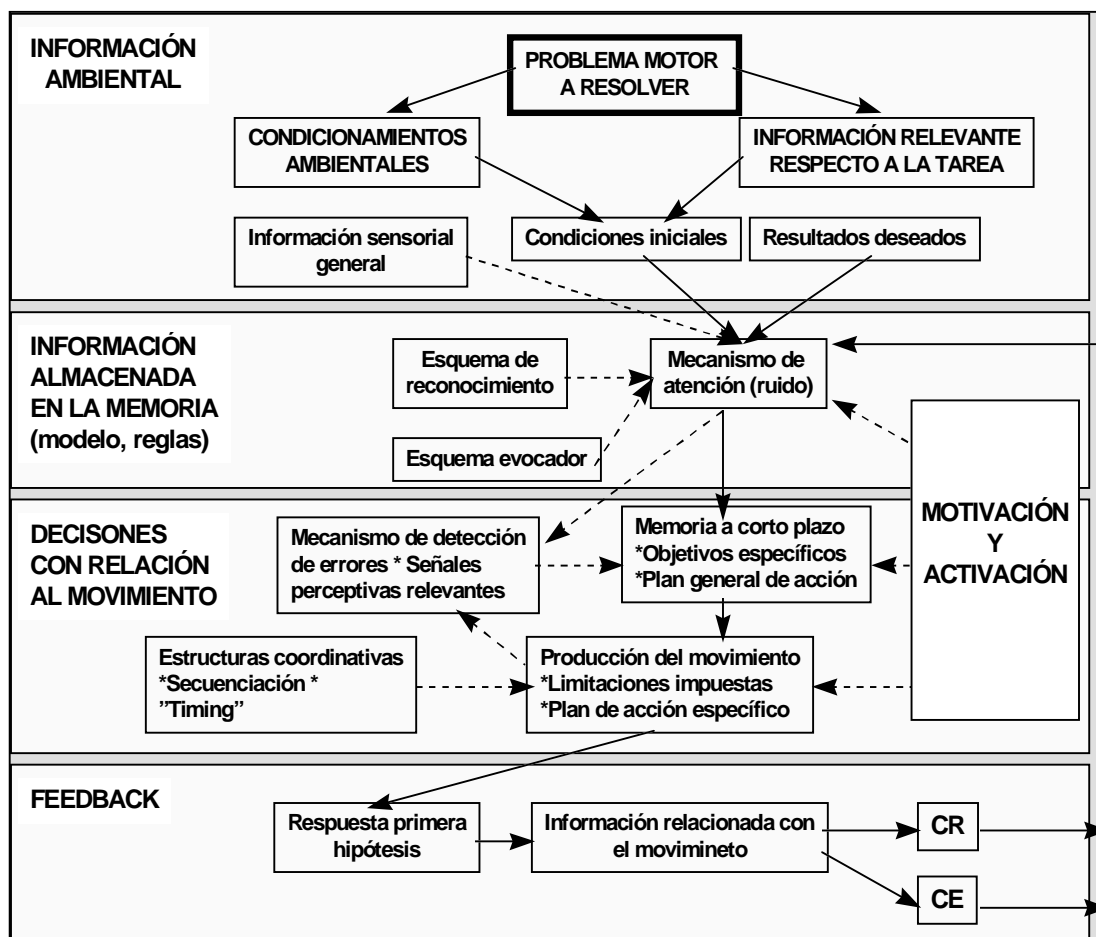


Figura 1. Modelo de funcionamiento perceptivomotor de Kerr (1982)

La propuesta de Schmidt (1975) ha destacado el papel tan importante que las condiciones iniciales tienen en el proceso de aprendizaje motor. Asimismo, este modelo presenta la sugerente idea de considerar que los sujetos pueden almacenar en su memoria programas motrices generales, reglas generales, y esquemas motrices capaces de generar nuevas posibilidades de acción (Ruiz, 1995).

Por medio de una práctica variable el aprendiz desarrolla estas reglas generativas, relativamente generales, que le permiten reclamar de su memoria los programas motores (parciales) en una determinada situación para poder dar solución al problema planteado. Los programas motrices generales se convirtieron en el entramado fundamental de este modelo teórico, y en ellos se recogen los elementos invariantes de las diferentes clases de acciones, necesitando únicamente las especificaciones (*parámetros*) concretos de cada situación para poderse exteriorizar.

La especificidad y la generalidad no tienen por qué ser excluyentes sino que representan diferentes niveles de organización del control motor, necesarios para poder comprender la complejidad del aprendizaje motor y supone la existencia de diversos niveles de análisis que partirían de la selección de un *Programa Motor General* y que se concretarían en un *Programa Motor Específico* acorde a cada situación planteada en clase (Ruiz y Sánchez, 1997).

De forma resumida, tal y como indica Delignières (1998) diríamos que los modelos cognitivos se caracterizan por:

- El aprendiz es un procesador limitado de informaciones.
- El comportamiento motor está regido por los conocimientos. El alumno atraviesa, antes de llegar a dominar la tarea, por una etapa verbal o cognitiva, en la que el conocimiento declarativo es predominante para progresivamente mediante la práctica pasar a procedimentalizarlo y convertirlo en un procedimiento de acción.
- La clave está en favorecer la resolución cognitiva de la tarea.

Así, mecanismos tales como los perceptivos, codificadores, de almacenamiento, de programación y selección de las respuestas motoras, de recuperación, de elaboración de reglas o fórmulas, de conocimiento de los resultados o de detección y corrección de los errores, han sido habitualmente destacados con implicaciones para la enseñanza (ver Ruiz, 1993). En todos ellos existe un elevado interés por analizar el papel del conocimiento en el rendimiento motor (Ruiz, 1995).

Los modelos cognitivos y de procesamiento de la información son esencialmente prescriptivos, es decir, se basan en la existencia previa de programas motores como expresión jerárquica del control del sistema. Los críticos con estos enfoques destacan que no queda claro cuál es el origen de dichos programas y que es manifiesto el

olvido de comprender como se lleva a cabo la propia coordinación del movimiento, ya que la importancia reside en estos constructos cognitivos, ignorando la complejidad de los movimientos, los procesos de transición de un patrón motor a otro etc., aspectos característicos de las sesiones de educación física o entrenamiento deportivo.

Las aportaciones de estos modelos reside en haber dotado a los profesionales e investigadores de una forma de comunicarse, de un entramado teórico que encajaba con lo que podría estar sucediendo en las canchas y gimnasios, añadiendo a la preocupación empírica por preparar el subsistema motor y físico, la importancia de los procesos cognitivos en el aprendizaje motor, pero este subsistema coopera con otros subsistemas del sistema humano, cuya relevancia debe ser resaltada y no minimizada, y sin cuya participación sería casi imposible comprender los complejos procesos de adquisición que emergen en las sesiones de educación física o de aprendizaje deportivo. Ciertamente que los enfoques cognitivos manifiestan ciertas limitaciones relacionadas con el coste funcional de las operaciones de tratamiento informativo.

Si este tipo de ideas predominaron en las décadas de los años 1970, la década de los 80 supusieron la emergencia de nuevas ideas que intentaron aportar una explicación diferente a la que habitualmente los enfoques cognitivos solían aportar. La controversia anidó entre los especialistas (Mejier y Roth, 1988) y se fue trasladando a los profesionales en un momento en el que empezaban a sentirse cómodos con las propuestas y explicaciones que los modelos cognitivos les ofrecían.

En la actualidad existe un nivel de análisis teórico y de interpretación que empieza a trasladarse a las canchas y lo gimnasios, seduciendo a los profesionales con términos y explicaciones hasta el momento solo contempladas en ámbitos como la física, la biología o la etología, y que configuran un consorcio de ideas y propuestas que suelen denominarse ecológicas o dinámicas, resaltado las aportaciones del realismo ecológico de Gibson y de las ideas emanadas de los enfoques de los sistemas dinámicos, todo ello relacionado con las ideas de Nicolás Bernstein sobre la coordinación motora.

La educación física entre la complejidad y el caos

Es en este estado de cosas que aparecen los enfoques denominados de carácter dinámico y/o ecológico que buscan comprender la conducta global del sistema humano, sin diseccionarlo en sus partes y sin separar el componente perceptivo del motor, pero tratando de analizar las condiciones en las que estos componentes cooperan para producir los patrones motores (Thelen, 1996). Ante los modelos predominantes en el estudio del aprendizaje motor estos enfoques plantean nuevas preguntas, o preguntas clásicas que han quedado sin resolver satisfactoriamente.

¿Por qué es necesaria una instancia superior (programa) para organizar y controlar las acciones?, ¿Por qué el control de dichas acciones siempre tiene que estar dentro del sistema y no fuera?, ¿Cómo es posible que

un sistema como el humano sea capaz de controlar los múltiples grados de libertad que presenta?, ¿Hasta qué punto la progresión de cambio debe contemplarse desde una óptica lineal y no desde una perspectiva no lineal? o ¿Sería posible que el orden en el comportamiento emergiera de la interacción del sujeto con el entorno, de la autoorganización de las propias acciones ante las demandas del medio?.

Uno de las ideas fundamentales de los enfoques dinámicos y ecológicos ha sido considerar que la conducta emerge de la interacción de múltiple subsistemas, idea ya planteada por Von Bertalanffy (1968) o por el biólogo Waddington (1966), y donde los procesos cognitivos no juegan un papel predominante.

Las denominaciones son variadas porque no se puede considerar que exista un único enfoque, de ahí que sea común encontrar relacionados términos como dinamismo y ecologismo en la explicación del comportamiento motor, y que reúnen todo un conjunto de ideas emanadas del estudio de la formación de patrones dinámicos (Kelso, 1985), sinérgica (Hacken, 1983), de la termodinámica no lineal (Nicholls y Prigogine, 1997) o del estudio de los sistemas complejos y del caos (Lewin, 1999).

Para los partidarios de estas ideas el ser humano manifiesta las características propias de los sistemas dinámicos complejos, es decir son sistemas que cambian a lo largo del tiempo, y que este cambio manifiesta progresos que no tienen por qué ser lineales, pudiéndose formular ecuaciones matemáticas que expliquen dicho proceso cualitativo de cambio (Thelen y Smith, 1991). Por lo tanto el interés de este(os) enfoque(s) es comprender cómo se da el cambio en los patrones motores y, por lo tanto, cómo se dan en los alumnos y alumnas los procesos de estabilidad e inestabilidad al aprender las habilidades motrices.

Las propuestas de Nicolás A. Bernstein (1967; 1994) han sido clave en estas ideas. Desde los años 1930 y 40, este autor ruso expuso de manera magistral ideas fundamentales para comprender el proceso de coordinación motora y las peculiaridades del cambio motor. Una de las ideas claves denominada por muchos el *problema de Bernstein* o *el problema de los grados de libertad*, y que venía a indicar que cómo el sistema motor humano podría ser capaz de forma poco exigente de conseguir que numerosos componentes participaran de forma funcional y conjunta, manifestando un control necesario para poderse mover con fluidez. Para Bernstein un sistema como el humano debería ser capaz de establecer sinergias o estructuras de coordinación que convirtiese al sistema en un sistema controlable, y este proceso de elaborar un todo coordinado no puede ser equivalente a reproducir un mismo conjunto de órdenes nerviosos una y otra vez sino que suponen el desarrollo de una competencia para resolver una tarea motriz de forma diferente cada vez (Bernstein, en Latash y Turvey, 1994).

Esta competencia la denomina *Dexterity* y la define como una capacidad universal y versátil que permite a una persona normal poder alcanzar una victoria o un objetivo inalcanzable.

Estas y otras ideas encajaron muy bien en las propuestas de los autores dinámicos, aunque es justo decir con Schmidt (1988) que es éste un autor que ha sido empleado por la brillantez de sus ideas tanto por los

partidarios de un enfoque como del otro, ya que es éste autor quién destacó que el movimiento está dirigido por un equivalente neural de su objetivo al que denominó "*un modelo del futuro deseado*", es decir, una imagen de algo que todavía no existe pero que se materializará por la actuación del organismo, es decir, por la práctica.

Las ideas emanadas de las teorías anteriormente comentadas han sido aplicadas a un conjunto de comportamientos motores: Locomoción, atrape de pelota, agarre de objetos, saques en voleibol, golpes en tenis de mesa, etc. Como ocurrió en la aplicación de las ideas cognitivas al comportamiento motor los investigadores centraron su atención más en demostrar la existencia o no de determinados constructos que en elaborar una verdadera teoría del aprendizaje motor, de ahí que sea común encontrar toda una jerga en los estudios dinámicos y ecológicos difícilmente comprensible si no existe un análisis de los constructos fundamentales. Dado que las aportaciones son variadas, y que una de las críticas de estos enfoques estriba en su excesiva abstracción y en el empleo de una serie de conceptos emanados de la termodinámica no lineal, la matemática, la biología, realismo ecológico o etología, los constructos- principios que han sido seleccionados representan aquellos que juegan un papel relevante en la explicación dinámico ecológica de la adquisición motriz, pero no es una expresión total y completa de todos los existentes.

Cuando los movimientos de los alumnos se auto-organizan

Sin duda, como ya lo era en los enfoques cognitivos, una idea básica ha sido considerar al ser humano como un sistema con todas sus propiedades y características, pero en este caso un elemento que matiza esta concepción sistémica es su naturaleza compleja, y los atributos que caracterizan a los sistemas complejos son los siguientes:

- *Poseen numerosos grados de libertad, es decir, numerosos componentes, que pueden cambiar libremente.*
- *Su respuesta o su comportamiento no tiene por qué ser lineal.*
- *La estabilidad e inestabilidad de los patrones de comportamiento y sus procesos de autoorganización.*

Para los dinamicistas el comportamiento no aparece por la puesta en acción de un programa motor preestablecido sino que emerge de la interacción del sujeto con su medio. esta emergencia espontánea supone la cooperación de múltiples subsistemas, lo cual no reclama la existencia a priori de un plan de acción en el cerebro. El sistema humano pertenecería a la categoría de los sistemas abiertos no equilibrados. Están abiertos al intercambio de energía, a recibir flujos de información y a tomar y disipar energía. Los estudios en otros sistemas no biológicos han mostrado como bajo ciertas condiciones los sistemas complejos son capaces de auto-organizarse en nuevos patrones de conducta, y pasar de un aparente desorden a un orden nuevo.

Subsistemas como el nervioso, musculoesquelético, las estructuras articulares, cognitivo o emocional colaboran en la solución de los problemas motores que el aprendiz tiene que solventar, y esto supone la emergencia de nuevos patrones de conducta que progresivamente

sintonizan cada vez mejor con las situaciones planteadas. En definitiva, el comportamiento motor de los sujetos emerge de la interacción de tres tipos de variables o *constraints* (Newell, 1986): *las características del propio aprendiz, las relativas a la tarea y las presentes en el contexto de práctica*. Pensemos en el alumno al que se le presenta un circuito que debe tratar de recorrer en un tiempo dado pero sin habérsele impuesto la forma concreta de hacerlo.

En los sucesivos ensayos ira probando aquellas soluciones que pueden ser más eficaces y en su interacción con los materiales y las exigencias de las tareas, percibirá lo que con cada material puede realizar, siempre relacionándolo con sus propias características corporales, lo que hace que en cada ensayo vaya emergiendo y se auto-organicen patrones de respuesta que son las soluciones que el aprendiz manifiesta ante un problema motor concreto, después de un proceso de búsqueda y descubrimiento.

Son estas variables o *constraints* las que influyen en las coordinaciones que manifiestan los alumnos, y son numerosas las circunstancias planteadas en los gimnasios que reclaman que el alumno/a organice sus acciones, y éste lo hace de forma espontánea, lo que puede hacernos pensar si en estas circunstancias es estrictamente necesaria una instancia superior que rija dicha organización. Pensemos en los desplazamientos rápidos sobre marcas en el suelo, o en las adaptaciones que deben realizarse cuando corriendo deben atravesar un arrollo apoyándose sobre las piedras del cauce, o cuando los aprendices tienen que resolver el problema de mantenerse en un equilibrio invertido. Supone transiciones evolutivas del caos aleatorio a fases ordenadas de organización (Summers, 1998)

De ahí que la noción de autoorganización sea importante a la hora de comprender como sistemas complejos como el humano evolucionan y cambian a lo largo de tiempo, del tiempo dedicado a aprender habilidades motrices.

De la Coordinación al Control y la Habilidad

Una de las nociones bernstenianas que más impacto ha tenido entre los teóricos ecológicos y dinamicistas ha sido la noción de grados de libertad. Para Bernstein el organismo humano era concebido como un conjunto de núcleos de movimiento con más de 100 grados mecánicos de libertad.

Cada grado de libertad suponía dos estados diferentes, uno relacionado con la velocidad y otro con la posición, lo que a su vez supondría un estado-espacio de 200 dimensiones. *¿Cómo puede solucionarse un problema como éste, si la finalidad es moverse de forma coordinada, es decir, con la cooperación de todos aquellos elementos que deben participar en la acción?* La solución de Bernstein fue la noción de sinergia que posteriormente ha sido rebautizada como estructuras de coordinación. En esta sinergias los componentes de la acción se ajustan y relacionan entre sí de forma flexible y que suponen la participación de grupos de músculos que abarcarían varias articulaciones que son conminados a funcionar como una unidad.

(Continúa en la Parte II)