
NUEVOS MODELOS DE INVESTIGACIÓN APLICADOS A LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

*Balagué, Natàlia
Torrents, Carlota
INEFC - Barcelona*

RESUMEN

La investigación aplicada a la actividad física y el deporte se ha fundamentado en un modelo tradicional de ciencia basado en el determinismo y la aplicación de métodos experimentales. Dicho modelo parte de una visión mecanicista del ser humano y se encuentra fuertemente influenciado por la física newtoniana, que acepta la relación lineal entre causa i efecto.

Pero las relaciones lineales son sólo una excepción en el estudio de los fenómenos naturales, ya que las estructuras biológicas, y entre ellas el ser humano, son sistemas dinámicos inestables. Dichos sistemas se ven influenciados por multitud de variables, hecho que complica mucho o incluso imposibilita su estudio a través de los métodos utilizados por la ciencia clásica. El desarrollo en los últimos años del estudio de la dinámica de los sistemas no lineales, gracias especialmente a los avances en informática, nos permite abordar nuestro objeto de estudio desde una nueva perspectiva y nos puede ayudar a entender algunos de los fenómenos para los que aún no se ha encontrado una explicación satisfactoria.

En este trabajo proponemos un cambio de paradigma de la dinámica lineal a la no lineal y un cambio de énfasis del análisis cuantitativo al cualitativo.

PALABRAS CLAVE

Teoría de los sistemas dinámicos, no linealidad, causalidad circular,
paradigma científico

1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo se propone una nueva perspectiva de la investigación aplicada a la actividad física y el deporte basada en la reciente aparición de la teoría de los sistemas dinámicos, que tiene como contrapunto el modelo tradicional de investigación basado en el determinismo y en la aplicación de métodos experimentales.

Desde la aparición de las teorías de la complejidad y de los sistemas no lineales, sistemas o acontecimientos que hasta el momento se creían incomprensibles o aleatorios se han llegado a considerar “predecibles” hasta cierto punto, y sus principios se han aplicado a multitud de ciencias, tales como las matemáticas, la física, la biología, o incluso la economía o la psicología, a la vez que han aparecido diferentes ramas relacionadas con éstas.

La ciencia clásica ha optado por obviar aquellos sistemas que no presentan un comportamiento lineal y prefiere explicar todos los fenómenos como suma de diferentes relaciones

de causalidad. Cuando demasiadas variables intervienen en un mismo suceso, éste se considera imposible de estudiar por la infinidad de cálculos a realizar. Al papel del azar o al comportamiento aleatorio se le atribuyen multitud de respuestas para las que no se ha podido encontrar una explicación satisfactoria desde el modelo determinista.

Gracias a la nueva perspectiva, muchas afirmaciones incuestionables hasta el momento se han puesto en duda, y el modelo clásico de investigación no ha sido una excepción. Diferentes proposiciones relacionadas con el ser humano han surgido de la psicología o la biomecánica, y ya en la actividad física se han realizado investigaciones aplicando los principios de estas novedosas teorías.

Por el momento, no pretendemos dar respuestas rotundas, pero sí provocar una reflexión entre los profesionales de nuestro ámbito para abordar nuestro objeto de estudio con un nuevo enfoque y encontrar métodos más eficaces para ampliar nuestros conocimientos sobre la evolución, el aprendizaje o el rendimiento del ser humano; en síntesis, reducir el espacio de penumbra o tinieblas que suponen los acontecimientos impredecibles o inabordables desde el modelo de ciencia convencional.

2 LA CIENCIA CLÁSICA Y LA RELACIÓN LINEAL CAUSA-EFECTO

La investigación en nuestro ámbito se ha basado tradicionalmente en la ciencia clásica, tal y como ha sucedido en todos los otros campos de la investigación, que evolucionan gracias a los conceptos que aportan la física y las matemáticas. Esta ciencia, tal como sabemos es empírica, basada en la utilización de datos; reductiva, generaliza a partir de la observación de unos hechos observados en una pequeña muestra; replicable, ya que si se reproduce el proceso se deben obtener los mismos resultados; y lógica, los procedimientos que se siguen están en armonía con los objetivos que se persiguen. Está muy influenciada por la física newtoniana, que acepta la relación lineal de la causa y el efecto, o lo que es lo mismo, de las variables predictoras con las variables de desenlace.

Debido a la linealidad universalmente aceptada, la ciencia se ha basado en los siguientes enunciados (Gleick, 1988):

- “Los sistemas simples se comportan de manera simple”: Mientras estos sistemas pudieran reducirse a unas pocas leyes, bien entendidas y totalmente deterministas, su conducta a largo plazo sería estable y predecible.
- “El comportamiento complejo implica causas complejas”: Cualquier sistema visiblemente inestable, impredecible o anárquico, tenía que obedecer a multitud de componentes independientes o estar sometido a influencias externas esclavas del azar.
- “Diferentes sistemas se comportan de manera distinta”: Cada disciplina aceptaba que sus componentes eran diferentes y que por lo tanto eran diferentes los sistemas implicados, consistentes en miles de millones de esos componentes.

Pero esto ha cambiado, tal y como cita Prigogine (1993) “durante mucho tiempo el determinismo era el símbolo de la inteligibilidad científica, mientras que hoy se reduce a una propiedad que sólo es válida en casos límite, en los sistemas dinámicos estables”. Éstos, a pesar de que durante siglos han sido los únicos estudiados, no son la norma, sino la excepción, ya que en física y en otras ciencias de la naturaleza se considera que tan sólo el 1% de los fenómenos naturales actúan de forma lineal. Toda estructura biológica es un sistema dinámico inestable en el

que decrece la entropía (creciente desorden al que tienden los sistemas cerrados) debido al constante flujo de materia y energía al que son sometidos.

3 EL DETERMINISMO APLICADO AL ENTRENAMIENTO

La relación lineal también ha cimentado la clásica teoría del entrenamiento, donde se acepta que las mismas causas tendrán los mismos efectos y que similares causas tendrán similares efectos. Si esto fuera cierto, como afirma Schöllhorn (1999) diferentes atletas con el mismo entrenamiento obtendrían los mismos resultados, o aumentando el entrenamiento (número de estímulos), obtendríamos mejores resultados (más número de efectos). Cualquier entrenador ha vivido como, desgraciadamente, esto no es tan sencillo. Aquello que a algunos atletas les impulsa al éxito a otros no les provoca cambios o incluso les puede llevar al fracaso, o mientras que un pequeño cambio en el entrenamiento hace mejorar de forma sorprendente a un atleta, una estimulación repetida o el aumento de carga no provoca más que un estancamiento.

Debido a este tipo de paradojas, numerosos entrenadores no tienen en cuenta los resultados de estudios cuidadosamente realizados y se rigen más por su propia experiencia, por el conocimiento de sus atletas (gracias a un seguimiento exhaustivo de los mismos) o por su intuición.

Pero esto es fácilmente explicable si se tiene en cuenta que no existen dos individuos iguales, como tampoco existen dos situaciones iguales. Incluso el mismo atleta no desarrolla nunca un patrón motor del mismo modo. En un estudio realizado por Schöllhorn (1999) después de analizar durante un año a dos lanzadores de élite con datos de diferentes categorías de variables y diferentes niveles de observación, se observó que ningún movimiento podía producirse exactamente igual dos veces. Tal y como plantea el autor, estas observaciones provocan la duda sobre la validez de los entrenamientos basados en repeticiones de un mismo movimiento. La primera razón a la que se alude es precisamente la imposibilidad de repetir exactamente un mismo ejercicio, pero también se tiene en cuenta la individualidad de los patrones de movimiento. En este sentido se han realizado estudios (redes neuronales artificiales) que permiten a partir de un corto movimiento de 200 ms de duración la identificación de un corredor con una probabilidad de un 90% (Schöllhorn, 1999). Jaitner, Mendoza y Schöllhorn (1998) también identificaron la individualidad de los modelos de movimiento sólo por la complejidad de éste durante la fase corta de contacto en saltadores de longitud. Debido a esta individualidad, se refuerza la idea de la inutilidad de repetir movimientos de una técnica estandarizada, partiendo de un modelo ideal.

Quizá el nuevo enfoque que proponemos nos permita explicar el porqué de los múltiples beneficios de entrenamientos que no han podido ser validados o suficientemente comprendidos hasta ahora con los métodos tradicionales de investigación y también desarrollar sistemas de trabajo más eficaces.

4 NUEVOS RETOS EN LA INVESTIGACIÓN

El modelo determinista puro aplicado a las ciencias que tienen como objeto de estudio el ser humano presenta muchas limitaciones. Ello es debido a la multitud de causas y efectos que se interrelacionan, lo que nos obliga a recurrir a la probabilidad porque desconocemos una buena parte de los componentes de una causa. Es imposible tener en cuenta todas las variables que actúan

sobre un sistema, y cada sistema es diferente a otro, ya que no hay dos organismos iguales, como tampoco hay dos situaciones iguales. Por este motivo, no tendrá sentido escoger una n grande y considerar las desigualdades como desviaciones estándar o errores de observación. Éste es el recurso más frecuente que se utiliza también en los diferentes campos de la ciencia cuando falla una ley básica. La teoría de los sistemas dinámicos entiende la variabilidad y las fluctuaciones de las respuestas no como errores sino como cambios necesarios en los sistemas biológicos para su adaptación al medio (cambiante a su vez).

Según Gregson (1988), cuando se presentan desigualdades, en vez de entenderlas como simples desviaciones estándar, hay más opciones, como hacer la teoría más complicada, desecharla, o empezar con otra teoría y mostrar como hechos extraños suceden de forma que pueden llegar a ser explicables hasta un límite.

Nos encontramos probablemente frente al reto de conseguir que la investigación en las ciencias de la actividad física y el deporte se adapte también a un cambio de paradigma, que permita responder más satisfactoriamente a las cuestiones que se plantean desde su ámbito.

5 LA TEORÍA DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS Y SU APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

La teoría de los sistemas dinámicos (DST) ha sido introducida recientemente en numerosos campos como marco para explicar determinados fenómenos obviados hasta el momento por la imposibilidad de su estudio. La creación de ordenadores más potentes ha permitido avanzar en las matemáticas y la física y llegar a desarrollar una teoría demostrable científicamente encontrando incluso constantes universales. La DST fue formulada por primera vez por Prigogine (Glandsdorff y Prigogine, 1971, citado en www.psych.ufl.edu/~byrd/DSTpaper.htm) para describir los cambios observados en sistemas termodinámicos. Enfatiza los mecanismos de los cambios que resultan en variaciones de la estructura del sistema y la naturaleza interrelacionada de sus elementos, y ha sido rápidamente adoptada para describir los mecanismos de progresión y desarrollo humanos (Newell y Molenaar, 1998). La perspectiva de los sistemas dinámicos está influenciada por la dinámica no lineal, la teoría sinérgica, de catástrofes, de la complejidad y la ciencia neuronal, lo que lleva a una nueva concepción de la relación causa-efecto y de la formación de estructuras y orden.

Toda esta ola de conocimiento de los sistemas no lineales ha sido aplicada, además de a la física y a las matemáticas, a campos de la ciencia tan dispares como la biología, la meteorología, la economía, la psicología o la biomecánica.

Esta teoría también tiene aplicaciones en el ámbito del aprendizaje motor, especialmente en relación con el concepto de la autoorganización de los sistemas vivos, que explica la emergencia espontánea de patrones motrices en la coordinación de movimientos (Kelso, 1995). En esta misma línea se han llevado a cabo algunos estudios relacionados con la actividad física o con deportes en concreto (Turvey et al. 1999), además de los relacionados con la individualidad de los patrones motores (Schöllhorn, 1998; Schöllhorn, 1999). La formación y cambio de patrones motrices es el resultado de un gran número de interacciones no-lineales entre sus componentes. Este establecimiento de “nuevos ordenes” se produce especialmente después de períodos de inestabilidad y fluctuación del sistema, lo que permite en determinados casos su anticipación (Kelso, 1995).

Si las relaciones lineales, que fundamentan los conocimientos de las modernas ciencias relacionadas con la actividad física y el deporte, se rigen por un modelo de causalidad lineal, las

relaciones no lineales se rigen por un modelo de causalidad circular, basado en los bucles de realimentación. Dichos bucles difieren de los clásicamente estudiados en cibernética ya que en los sistemas abiertos nunca se reproducen las mismas condiciones y, por lo tanto, nunca se recupera el punto de partida. Los bucles de realimentación permiten dos tipos de regulación, que responden a dos principios de los sistemas dinámicos: la estabilidad y la adaptabilidad. La primera consigue la persistencia de condiciones a pesar de los cambios del entorno y la segunda permite al sistema ajustarse a los cambios de condiciones internas y externas. La interacción de bucles de realimentación negativos y positivos forma unas complejas redes que determinan el comportamiento no lineal que caracteriza a los seres vivos.

Las relaciones entre las variables que se establecen en este tipo de redes son diferentes de las que se plantean en el modelo tradicional de ciencia y poseen unas propiedades particulares que nos ayudan a comprender mejor las diferentes manifestaciones del comportamiento humano.

Del mismo modo que a través de la iteración de ecuaciones no lineales se ha conseguido, gracias al desarrollo de potentes ordenadores, encontrar formas de orden hasta el momento desconocidas, la dinámica no lineal no genera un comportamiento meramente aleatorio sino que muestra otro nivel de orden pautado, que constituye el objeto de estudio de los sistemas dinámicos.

Desde esta perspectiva la predicción exacta de las respuestas se hace prácticamente imposible, a pesar de que las ecuaciones sean puramente deterministas. Se produce pues en el contexto de los sistemas dinámicos un cambio de énfasis del análisis cuantitativo al cualitativo.

Entre otras consecuencias, la dinámica no lineal permite comprender que una misma causa pueda tener diferentes efectos, diferentes causas un mismo efecto o un efecto pueda actuar sobre su causa. Permite también dar explicación a algunos de los hasta ahora considerados “inexplicables” o paradójicos fenómenos que observamos aplicando los métodos tradicionales de investigación.

Los bucles de realimentación y las complejas redes que éstos generan también explican el funcionamiento del organismo como un todo y el porqué de las sinergias que se producen. Así, no sólo el todo es más que la suma de las partes, además también es diferente. Pero el reduccionismo y la idea de que el todo no es más que la suma de las partes ha reinado durante cientos de años en el mundo de la ciencia, especialmente por los científicos que recurren a la matemática de la cuantificación, y que han realizado importantes descubrimientos y predicciones (Gleick, 1988). Pero al estudiar sistemas complejos, como es el caso del organismo humano, la noción de partes pierde su sentido y la cuantificación de este tipo de sistemas se vuelve imposible.

A pesar de que en el campo de la actividad física ya numerosas teorías aceptan la importancia de la totalidad, especialmente a partir de la aparición de la teoría general de sistemas (Bertalanffy, 1968), no se acaba de tener en cuenta en algunas ramas como el entrenamiento. Predominan aún los métodos analíticos que dividen al cuerpo en partes (incluyendo también la separación cuerpo-mente). El mismo problema se observa en el campo de la investigación, que establece relaciones causales entre las variables teniendo únicamente en cuenta una parte de todos los factores que pueden influir.

Hasta el momento, uno de los métodos más valorados en la investigación aplicada al campo de la actividad física y el deporte ha sido, como en otras ciencias, el método experimental, que permite determinar alguna forma de causalidad apoyándose en métodos estadísticos. Pero la DST nos hace dudar sobre el uso de este método como el único camino para conocer el funcionamiento de los cambios de nuestro organismo, y reclama una reflexión acerca de la búsqueda de otros modelos que permitan incluir la individualidad de las respuestas y la interacción de multitud de variables.

6 CONCLUSIONES

A pesar de la crítica realizada a los modelos de investigación basados en relaciones causales y en sistemas lineales deterministas, no se pretende aquí desechar el modelo tradicional de ciencia de una forma taxativa, sino limitarlo adecuadamente. No obstante, pretendemos enfatizar sobre la necesidad de cambiar el paradigma científico y encontrar nuevas formas de investigación que nos permitan abordar nuestro objeto de estudio desde una perspectiva más próxima a su naturaleza no lineal. Es posible que a partir de este punto podamos estudiar cuestiones para las que aún no encontramos una explicación satisfactoria y que, en algunos casos, ya se llevan a la práctica. Y es que la intuición humana suele ir por delante de la ciencia, ya que ésta es una herramienta que nos permite en muchos casos demostrar sólo parte de los fenómenos que ya conocemos.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Bertalanffy, L. (1968). *Teoría general de sistemas*. New York: Fondo de cultura económica.
- Gleick, J. (1988). *Caos: la creación de una ciencia*. Barcelona: Seix Barral
- Gregson, R.A.M. (1988). *Nonlinear psychophysical dynamics* Hillsdale, New Jersey:Lawrence Erlbaum Associates, publishers
- Jaitner, T.; Mendoza,L.; Schöllhorn, W. (1998). Possibilities of implicit motor learning in long jump performance investigated biomechanically. *Proceedings II* Germany : ISBS'98
- Kelso, J. (1995). *Dynamic Patterns*. Massachusetts Institute of Technology
- Prigogine, I. (1993). *Las leyes del caos*. Laterza: Drakontos,
- Schöllhorn, W. (1998). Motor learning and motor control. En Chiang, j. International Coaching Symposium Taiwan.
- Schöllhorn, W. (1999). *Leistungsport* 2, 5-12
- Turvey, M.T.; Holt, K.G.; LaFiandra, M.E.; Fonseca, S.T. (1999). *Journal of Motor Behavior*, vol.31, N°3, 265-278
- Disponible en la dirección de internet: www.psych.ufl.edu/~byrd/DSTpaper.htm