

Entrenamiento integrado. Principios dinámicos y aplicaciones

Integrated Training. Dynamic principles and applications

NATÀLIA BALAGUÉ SERRE

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya - Centro de Barcelona (España)

CARLOTA TORRENTS MARTÍN

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya - Centro de Lleida (España)

RAFEL POL CABANELLAS

Real Club Celta de Vigo (España)

FRANCISCO SEIRUL-LO VARGAS

Futbol Club Barcelona (España)

Correspondencia con autora

Natàlia Balagué Serre

nataliabalague@gmail.com

Resumen

El interés por el entrenamiento integrado es creciente y para aumentar su eficacia resulta clave conocer cómo se produce el proceso de integración en los sistemas vivos. Por lo general, se suele asumir que el tipo de integración que se da en el organismo y entre los componentes del entrenamiento es sumatoria y lineal; es decir, está caracterizada por relaciones proporcionales, fijas e invariables en el tiempo, como las que se dan en cualquier artilugio técnico. Este modelo de integración, basado en la cibernética clásica, contrasta con el modelo de integración dinámica y no lineal, asentado en la neurociencia, la teoría de sistemas dinámicos no lineales, y la dinámica ecológica. Algunos principios de la integración dinámica y no lineal como la autoorganización, su carácter no proporcional y no consciente y su integración contextual en diferentes escalas acostumbran a ignorarse sistemáticamente en las metodologías de entrenamiento más habituales. El objetivo de este trabajo es presentar los principios dinámicos del entrenamiento integrado para promover la emergencia de metodologías más eficaces y eficientes a la vez que más respetuosas con los deportistas y los equipos.

Palabras clave: integración dinámica, metodología de entrenamiento, teoría de sistemas dinámicos no lineales, psicología ecológica

Abstract

Integrated Training. Dynamic principles and applications

Interest in integrated training is growing and to increase its effectiveness it is essential to know how the integration process occurs in living systems. Generally speaking it is usually assumed that the kind of integration which occurs in the body and between the components of training is additive and linear, in other words it is characterised by proportional, fixed and unchanging relationships over time as are found in any technical gadget. This integration model based on classical cybernetics contrasts with the model of nonlinear dynamical integration based on neuroscience, the theory of nonlinear dynamical systems and ecological dynamics. Some principles of nonlinear dynamical integration such as self-organisation, its non-proportional and non-conscious nature and its contextual integration at different scales are often systematically ignored in most common training methodologies. The purpose of this paper is to present the dynamic principles of integrated training to promote the emergence of more effective and efficient methodologies which at the same time are more respectful of athletes and teams.

Keywords: dynamic integration, training methodology, theory of nonlinear dynamical systems, ecological psychology

Introducción

El uso del término “integrado” en la bibliografía relacionada con el entrenamiento deportivo se ha multiplicado en los últimos años. Muchos autores lo utilizan como sinónimo de multifactorial o multidisciplinar, por lo que suele utilizarse para definir el entrenamiento en el que concurren diferentes elementos, componentes

o procesos en cada sesión o microciclo estructurado. No obstante, cuando hablamos de “entrenamiento integrado” conviene precisar a qué tipo de integración nos estamos refiriendo. Mientras que la integración sumatoria y lineal, o proporcional, es característica de las máquinas, la integración dinámica y no lineal, mucho menos estudiada, es propia de los seres vivos (Balagué &

Tipo de integración	Característica temporal	Input versus output
Lineal	Estática, fija	Proporcional, sumatoria
No lineal	Dinámica, variable	No proporcional, multiplicativa

◀ **Tabla 1.**

Diferencias entre integración lineal y no lineal

Hristovski, 2010). Ambas concepciones del ser humano (máquina o ser vivo) se traducen en metodologías y propuestas de entrenamiento muy diferentes (Balagué, Torrents, Hristovski, Davids, & Araújo, 2012). El objetivo de este artículo es introducir los principios de integración dinámica y no lineal para promover el desarrollo de nuevas metodologías de entrenamiento. En este sentido, resultan especialmente relevantes las aportaciones de la teoría de sistemas dinámicos no lineales, y en especial de la dinámica de la coordinación o ciencia de la coordinación, que define, explica y predice como se forman, adaptan, persisten y cambian los patrones coordinativos en los seres vivos (Kelso, 1995). También cabe destacar el papel de la dinámica ecológica (Araújo, Davids, & Hristovski, 2006; Warren, 2006) que, con pilares en la psicología ecológica (Gibson, 1979) y la sinérgica (Haken, 2000), plantea una nueva comprensión de la relación percepción-acción¹ y de la toma de decisiones en el deporte (Araújo et al., 2006; Balagué, Hristovski, & Vázquez, 2008; Hristovski, Davids, & Araújo, 2009; Pol, 2011).

Los principios de integración dinámica y no lineal son aplicables tanto al ámbito de la salud como del rendimiento, a la iniciación deportiva o al deporte de élite y tanto en deportes individuales (con o sin oposición), como colectivos. En estos se considerará también al equipo como un grupo social integrado, de manera que las propuestas de entrenamiento ya no se dirigirán exclusivamente a los individuos sino que lo harán también a dicha entidad colectiva (Pol, 2011). Su aplicación persigue aumentar la eficacia y eficiencia de los procesos de adaptación, la autonomía de los deportistas y su adicción positiva a la práctica, reduciendo los riesgos de la misma. Todo ello supone un cambio substancial del papel del entrenador y de los deportistas en el proceso (Balagué & Torrents, 2005; Seirullo, 2012). En este artículo se diferenciarán los tipos de integración (tabla 1) y se explicarán los principios diferenciales del entrenamiento integrado dinámico y no lineal relacionados con la emergencia espontánea de sinergias, su carácter no lineal y no

Deporte	Autores
Atletismo	García-Manso, Martín, Dávila, & Arriaza, 2005; García-Manso, Martín-González, Vaamonde, & Da Silva-Grigoletto, 2012
Artes marciales	Hristovski et al., 2009; 2011
Baloncesto	Bourbousson, Sève, & McGarry, 2010
Criquet	Pinder, Davids, & Renshaw, 2012
Escalada	Seifert & Davids, 2012
Fútbol	Pepping et al., 2011; Yamamoto, 2009
Natación	Seifert & Davids, 2012
Rugby	Passos, Araújo, Davids, & Shurtleworth, 2008
Tenis	Palut & Zanone, 2005
Voleibol	Barsingerhorn, Zaal, De Poel, & Pepping, 2013

▲ **Tabla 2.** Ejemplos de estudios realizados sobre aplicaciones de los principios dinámicos a diferentes deportes

consciente, su integración contextual a diferentes escalas y su relación con la práctica variable. En la tabla 2 se presentan algunos ejemplos de contribuciones científicas aplicadas a diferentes deportes relacionadas con los principios que se describen.

Diferencias entre integración lineal y no lineal

Las primeras tentativas de integración sistémica en los seres vivos surgen principalmente de la cibernética clásica, que considera a los sistemas biológicos como máquinas controlables. Un ejemplo de integración lineal lo tenemos en los bucles de retroalimentación y unidades programables que regulan el comportamiento motor

¹ La percepción y la acción son vistas como procesos indisolubles (ciclos percepción-acción): actuamos para percibir u obtener información del entorno y percibimos posibilidades de acción.

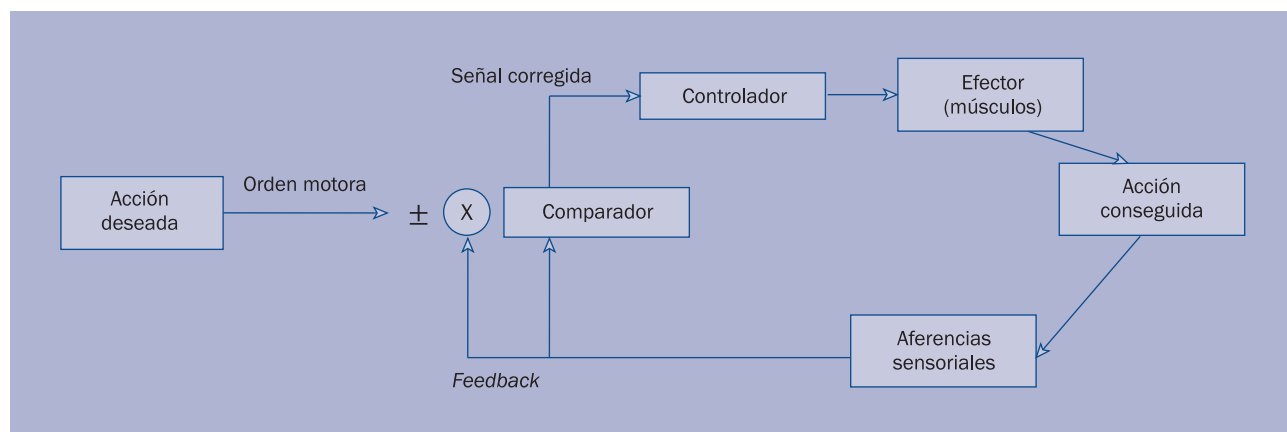


Figura 1. Modelo cibernético de control del movimiento voluntario

voluntario (fig. 1). En este caso la integración queda representada por diagramas de cajas y flechas que presentan estructuras y procesos invariables (o estáticos) en el tiempo. Es decir, cada estructura y función actúa siempre de la misma manera y lo hace de forma proporcional (es decir, dosis-efecto o “más de lo bueno = mejor”).

La integración lineal, que se da también en los artificios técnicos (como el motor de un coche), no puede explicar cómo creamos nuevas sinergias o coordinaciones de movimiento ni cómo las adaptamos instantáneamente a contextos espacio-temporales cambiantes (Davids, Button, & Bennet, 2008; Renshaw, Davids, Shuttleworth, & Chow, 2009; Vázquez, Balagué, & Hristovski, 2011). Por ejemplo, resulta complicado explicar a través de la integración lineal cómo interactúan los movimientos de los oponentes en deportes de oposición. Sin embargo, la emergencia espontánea de coordinaciones nuevas y eficientes que caracteriza la competición deportiva es un ejemplo clásico de integración no lineal y puede explicarse satisfactoriamente gracias al proceso de autoorganización (Hristovski et al., 2009; Hristovski, Davids, Araújo, & Passos, 2011), que se revisará posteriormente. El carácter no programable sino emergente y no lineal de las acciones técnicas y tácticas desarrolladas en contextos de competición no se considera en la mayoría de propuestas metodológicas de entrenamiento actuales. Hay que señalar que la integración no lineal se da en todo tipo de acciones motrices, ya sean propias de deportes de oposición, o sin oposición (incluyendo deportes artísticos). Por lo tanto, no se circunscribe exclusivamente al deporte colectivo. Por ejemplo, la

posibilidad de ejecutar fielmente un elemento gimnástico se da gracias a finos ajustes del movimiento que permiten compensar las necesarias variaciones de ejecución que se producen en contextos cambiantes. El término no lineal no se refiere aquí al ajuste no lineal (exponencial o logarítmico) de una curva teórica que puede definir un proceso continuo de origen fisiológico, psicológico u orgánico en general, sino a una discontinuidad o cambio coordinativo (cualitativo) en dichos procesos (Kelso, 1995). En general, este último significado del término no lineal, utilizado en física, es menos conocido en el contexto de ciencias de la actividad física y deportiva. Su comprensión precisa de una introducción previa a los conceptos y principios de la dinámica de la coordinación. Se recomienda a la persona lectora que se familiarice con ellos para una mejor comprensión del contenido de este artículo (Balagué & Torrents, 2011, Kelso, 1995; Davids et al., 2013).

Principios de integración dinámica y no lineal aplicados al entrenamiento

Integración espontánea (no programada) de sinergias

Las sinergias se definen como agrupaciones funcionales de elementos que actúan como una unidad coherente (Kelso, 2009). Se forman a diferentes escalas (desde la molecular hasta la interpersonal) y permiten abordar el comportamiento desde una perspectiva coordinativa, reduciendo su dimensionalidad. Emergen espontáneamente por la interacción entre sus

componentes y por la tendencia de los seres vivos a la organización y al orden, caracterizándose por su adaptabilidad, estabilidad y flexibilidad (Latash & Lestiene, 2006). Se forman y evolucionan por el principio de autoorganización, que posibilita encontrar soluciones eficaces y eficientes en entornos cambiantes de forma espontánea; es decir, sin precisar de programas ni órdenes externas o internas (Kelso, 1995). Este principio es el gran olvidado en muchos de los modelos de entrenamiento vigentes, que focalizan innecesariamente su esfuerzo en programar la respuesta deseada (*fig. 1*) e intentar reproducir todas las situaciones que se pueden dar durante la competición.

En lugar de programas motores, los deportistas y equipos disponen de coordinaciones o sinergias preferenciales que, configurados por sus características individuales y su experiencia previa, definen sus atractores naturales o dinámica intrínseca condicionando el desarrollo de su motricidad (Kelso, 1995; Oullier & Kelso, 2009). Esto no significa que su rendimiento venga determinado (o programado) genéticamente. La postgenómica entiende también el rol de los genes desde una perspectiva dinámica y no lineal (Prokop & Csukas, 2013).

A consecuencia de la no linealidad del proceso (Jirsa, Friedrich, Haken, & Kelso, 1994) las mismas cargas de entrenamiento tendrán diferentes efectos en función del momento en el que se apliquen. Así, los deportistas alternarán períodos de aparente estancamiento con cambios y mejoras repentinas, y una misma carga les producirá diferentes efectos (desde una mejora en el rendimiento hasta un síndrome de sobreentrenamiento) en función del contexto en que se aplique (Hristovski et al., 2010). A una escala temporal inferior, pequeños cambios en determinados parámetros de control (como puede ser la distancia al adversario, la velocidad del movimiento, la velocidad del balón, las dimensiones del terreno, etc.) pueden ocasionar cambios coordinativos radicales (es decir, cualitativos, no proporcionales) en las sinergias individuales o grupales.

Integración del contexto

En la integración dinámica y no lineal la acción motriz no se desvincula de su contexto y es vista como una sinergia ejecutante-entorno; es decir, como el resultado de la coordinación o acoplamiento entre la dinámica de la tarea y la dinámica intrínseca. Los conceptos de cooperación y competición entre dichas dinámicas, explicarán los progresos y dificultades en la evolución o formación de nuevas sinergias y también su individualidad (Balagué, Torrents, & Pol, 2012). No podrán emerger las mismas sinergias en contextos distintos, ni en individuos distintos y la estrategia a seguir para el desarrollo de la motricidad será diferente en función de dichos procesos de cooperación o competición. Esto limita enormemente la validez de las “recetas”. Cuando haya cooperación entre dinámica intrínseca y dinámica de la tarea será relativamente sencillo adquirir una habilidad (p. e. enseñar a un patinador a esquiar); en cambio, cuando haya competición será mucho más complicado (p.e. entrenar a un pivote de baloncesto a subir un balón con seguridad hasta el campo contrario).

La manipulación de los constreñimientos² de las tareas de entrenamiento guiará la adquisición de nuevas sinergias y por este motivo la identificación de los llamados parámetros de control³ de las mismas será clave para aumentar la eficacia y eficiencia del proceso. Por ejemplo, la manipulación de la distancia crítica del portero de balonmano respecto a su portería modificará la variedad de lanzamientos que emergerán de los jugadores de campo (p.e. a partir de una distancia crítica emergerán también tiros de vaselina). Se ha demostrado que los deportistas usan diferentes técnicas en situaciones similares y la misma técnica en situaciones distintas (Barsingerhorn et al., 2013; Hristovski et al., 2011), por lo que cabrá esperar cambios en la entropía o la variedad de acciones posibles en función de los valores de los parámetros de control. En consecuencia, se propone que el entrenamiento se focalice en la sensibilidad de los jugadores hacia los límites de sus acciones en lugar de hacia la ejecución correcta de técnicas (Barsingerhorn et al., 2013). Además, esta estrategia evita la repetición innecesaria de sinergias (o técnicas) que se encuentran suficientemente estabilizadas reduciendo el riesgo de lesión por sobrecarga.

² Llamamos constreñimientos a todas las variables que presionan o influyen el comportamiento del deportista o los equipos. Se han clasificado en tres tipos (del organismo, del medio y de la tarea) a pesar de sus múltiples interconexiones (Davids et al., 2008). Los constreñimientos individuales incluyen: el genotipo y fenotipo, las habilidades físicas o cognitivas, las motivaciones, emociones, etc. Las ambientales se refieren al entorno familiar, social, cultural, a la climatología, al resultado y el tiempo de juego, etc. y los constreñimientos de la tarea a las reglas que se aplican, al material utilizado, las medidas del campo, la distancia al objetivo, al número de practicantes, etc. (Passos et al., 2008).

³ Parámetro de control: representación matemática de los constreñimientos o del contexto en el que el sistema está inmerso. Pueden ser específicos cuando tienen la misma naturaleza informativa que la característica del movimiento (por ejemplo una instrucción específica de la tarea o la intención) y no específicos, cuando tienen una naturaleza informativa diferente (por ejemplo, la velocidad o la distancia) (Davids et al., 2013).

Integración a diferentes niveles de análisis

Con la práctica en contextos variables las sinergias generan atractores y también la emergencia de nuevas sinergias que se construyen sobre las anteriores. Por ejemplo, en fútbol y bajo determinados constreñimientos, emergerán diferentes tipos de chut, que a su vez podrán realizarse con multitud de variantes cuando se adaptan a diferentes contextos. La adquisición de nuevas sinergias se realiza de forma totalmente correlacionada, de manera que unas están integradas en otras formando subatractores dentro de atractores. Es fundamental tener en cuenta la organización jerárquica de dichas sinergias cuando abordamos el proceso de aprendizaje de un deporte y planteamos los objetivos de entrenamiento (Hristovski et al., 2011). En la *figura 2* se representa un ejemplo de jerarquía de sinergias en el fútbol. A nivel macroscópico, la sinergia más general, la que perdura durante todo el partido y se ubica en la posición jerárquica superior es la intención de ganar el partido; por debajo de ella tenemos dos sinergias colectivas (marcar gol y evitar que nos marquen) de duración menor. Seguidamente, existen sinergias características de la posesión o no posesión del balón. Si tenemos posesión podemos chutar, conducir el balón o pasarlo; que son sinergias individuales de duración temporal menor. Cada una de ellas puede ser realizada de formas muy diferentes (puntualmente) en función de los constreñimientos hasta poder configurar todas las acciones de acción que se dan en un partido.

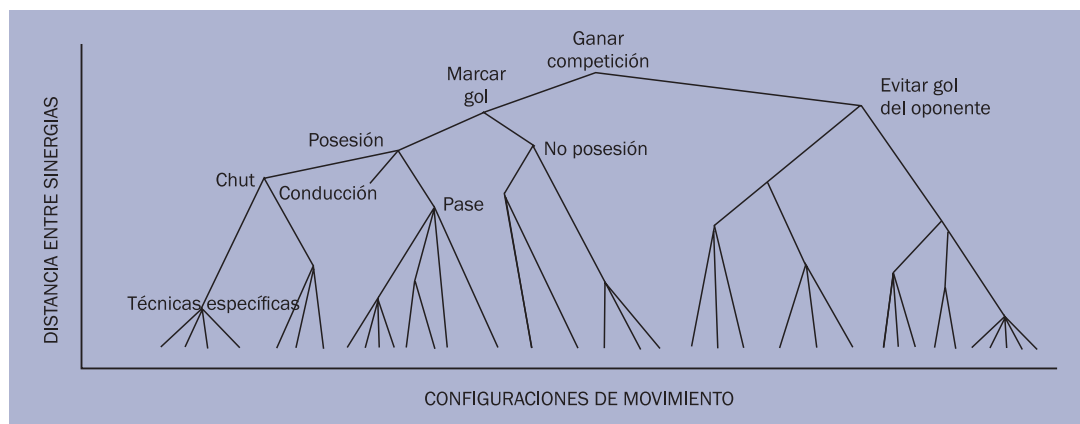
Integración a escala colectiva

Al igual que los diferentes componentes y procesos del organismo tienden al orden produciendo sinergias coordinativas integradas, lo mismo ocurre a escala grupal. De la interacción de los diferentes miembros de un equipo emergen espontáneamente sinergias que se forman gracias a los mismos principios de integración dinámica y no lineal. Esto representa un gran reto para las metodologías de entrenamiento en deportes colectivos, que suelen asumir la existencia de una integración de tipo lineal y sumatoria en el grupo. De los equipos emergen propiedades y comportamientos colectivos que no pueden ser explicados por las características de ninguno de sus miembros ya que emanan de la interacción entre los mismos. Es decir, un equipo veloz no es el formado por los jugadores más veloces, ni un equipo resistente por los jugadores con el consumo de O_2 más elevado (Pol, 2011). El desarrollo de sinergias grupales debe realizarse en estrecha interacción con el desarro-

llo de sinergias individuales para aumentar la eficacia y eficiencia del proceso de entrenamiento. Es bien sabido que jugadores que marcan muchos goles en un equipo o en una determinada posición estratégica, dejan de hacerlo al cambiar de equipo o posición. El éxito individual en el juego colectivo es contextual y está íntimamente vinculado a dicho juego colectivo ya que se produce una relación de causalidad circular – el nivel colectivo constriñe las acciones individuales y estas forman el juego colectivo (Balagué & Torrents, 2011; Pol, 2011).

Los supuestos de integración lineal o aditiva provocan la fragmentación y descontextualización de los ejercicios de entrenamiento. Es común, incluso en los equipos de élite, observar cómo durante el juego la atención de algunos jugadores no está centrada en el objetivo (p.e. marcar gol), sino en la acción por sí misma (p.e. hacer circular el balón en balonmano o buscar al tercer hombre durante un típico juego reducido sin direccionalidad en fútbol), dándose la circunstancia de no percibir una posibilidad de lanzamiento o la existencia de un jugador bien posicionado para crear peligro (Pol, 2014). Esto se produce por la estabilización de ciertas sinergias que se repiten durante los entrenamientos sin considerar su integración correlacionada a diferentes escalas o niveles (*fig. 2*). Por otro lado, se cuestiona también la eficacia de entrenar aspectos emocionales o psicológicos, estrategias cognitivas y cualidades físicas de forma descontextualizada (Balagué, Hristovski, Aragonés, & Tenenbaum, 2012; Pol, 2011; Seirul-lo, 2012).

En lugar del clásico proceso fraccionado que plantean algunas metodologías de entrenamiento: entrenar técnicas básicas (bote, pase, tiro, etc.), capacidades condicionales básicas (resistencia, fuerza, velocidad, etc.) o táctica básica (1x1, 2x2, etc.), se intentará no separar las acciones o componentes del deporte respetando sus sinergias primordiales y ciclos de percepción-acción. En los procesos de aprendizaje se propone partir de las sinergias integrales básicas para ir creciendo en la escala de complejidad coordinativa a través de la manipulación (adición o sustracción) de constreñimientos. Este es un reto para los entrenadores y profesionales de la actividad física y el deporte ya que supone una reestructuración de los contenidos a entrenar en base a la dinámica coordinativa de cada deporte (*fig. 2*), y un abordaje diferente respecto a las progresiones y secuencias que se proponen habitualmente. En algunos contextos naturales los propios ejecutantes incorporan nuevas reglas o dificultades a medida que estabilizan las coordinaciones



◀ **Figura 2.** Ejemplo de integración correlacionada de sinergias a diferentes escalas en el fútbol. Los restricciones dan lugar a diferentes configuraciones de movimiento

principales. Por ejemplo, se pueden simplificar enormemente las reglas para los principiantes e ir las introduciendo hasta llegar al juego reglamentario. También se pueden eliminar reglas para promover la creación de nuevas acciones técnicas y tácticas (al borde del reglamento) que aún no forman parte del repertorio de lo que se enseña (Vázquez et al., 2011).

Integración a diferentes escalas temporales

El rendimiento del ser humano en diversos tipos de tareas exhibe una variabilidad o dinámica de fluctuaciones (Delignières, Torre, & Lemoine, 2008; Wing, Daffertshofer, & Pressing, 2004; entre muchos otros) que se encuentra tipificada para su mejor reconocimiento (Hristovski & Balagué, 2013; Van Orden, Kloos, & Wallot, 2009). Se denomina autosimilar por su particular estructura, que refleja la integración existente a diferentes escalas temporales. Es decir, la dinámica de fluctuaciones correspondiente a procesos musculares (escala de milisegundos), es estadísticamente similar a la que se desarrolla a nivel de procesos espinales o reflejos (escala de segundos) y procesos corticales (decenas de segundo). Por lo tanto, hablamos de que todos estos procesos y subprocesos se hallan totalmente correlacionados en los seres vivos, proporcionando su metaestabilidad (o estabilidad dinámica) característica, que les permite ser flexibles y adaptables a los cambios del entorno. Sin embargo, algunos factores como la edad o la fatiga inducida por el ejercicio pueden alterar las dinámicas de cambio de los mencionados procesos y aumentar la rigidez de sus acoplamientos, dificultando la creación de sinergias eficaces y seguras (Balagué, Hristovski, & Aragónés, 2011; Hristovski & Balagué, 2010; Hristovski, Venskaityte, Vainoras, Balagué, & Vázquez, 2010).

El estudio de la dinámica de cambio de las variables que evalúan procesos orgánicos representa un gran reto para las futuras tecnologías de evaluación funcional aplicadas al entrenamiento porque permite monitorizar el estado de los acoplamientos y reconocer las estructuras y procesos principalmente involucrados en el esfuerzo. Las nuevas tecnologías y máquinas de entrenamiento también deben tener en cuenta este principio de integración en diferentes escalas si pretenden proporcionar estímulos que se adecuen a la naturaleza del organismo mejorando así la eficiencia del proceso de entrenamiento (Hristovski & Balagué, 2013).

Integración no consciente

El cuerpo en movimiento dispone de muchos más grados de libertad de los que se pueden controlar conscientemente y la práctica deportiva requiere en muchos casos de respuestas inmediatas que no podrían ser satisfechas eficazmente si fuesen programadas por procesos corticales. A pesar de que integran procesos volitivos, las acciones motrices de los seres vivos y, en especial, las acciones deportivas se regulan principalmente en áreas subcorticales y no precisan de la existencia de programas previamente almacenados en el cerebro ni de decisiones motrices elaboradas conscientemente. De hecho, se conoce actualmente que dichas acciones ni se programan ni se vetan en el consciente, sino que tanto las decisiones de actuar como de no hacerlo emergen principalmente por procesos no conscientes, siendo la experiencia consciente sólo una consecuencia más (Fle-vich, Kühn, & Haggard, 2013; Libet, 1999). Las evidentes manifestaciones de memoria motriz se explican por la facilitación (flexible) de conexiones sinápticas en lugar de por patrones motores almacenados en redes neuronales específicas, ya que una red neuronal puede

producir múltiples patrones (Fingelkurts & Fingelkurts, 2004). Además, hay que considerar la naturaleza emergente de representaciones y procesos convencionalmente estudiados por la psicología cognitivista como la intención, la memoria, la atención, etc. Así, se diluye la clásica contraposición entre enfoques cognitivistas y dinámicos (Kelso, 2013).

Desde la perspectiva integradora dinámica y no lineal se propone que el proceso de entrenamiento sea predominantemente implícito en lugar de explícito, es decir, que esté basado en los constreñimientos de la tarea en lugar de las órdenes del entrenador o la manipulación de la intención o volición del deportista (Balagué & Torrents, 2011). Es común experimentar cómo las instrucciones verbales del entrenador o la retroacción (*feedback*) de ejecución (*fig. 1*) no tienen los resultados esperados. Esto es debido a que los propósitos y el control consciente del movimiento son sólo unos constreñimientos más, que interactúan con la dinámica intrínseca y la dinámica de la tarea (Seifert & Davids, 2012), y que a menudo son poco eficaces o resultan insuficientes para crear nuevas sinergias. A menudo se observa que algunos entrenadores evalúan las ejecuciones olvidando que algunos constreñimientos no son ni manipulables con la intención ni modificables a la escala temporal solicitada. Por otro lado, las órdenes promueven el acoplamiento intención-acción o instrucción-acción en lugar del acoplamiento percepción-acción, limitando así la eficacia y autonomía de los deportistas durante la competición. Una adecuada modulación de los constreñimientos puede promover nuevas sinergias sin precisar de las órdenes explícitas que caracterizan muchas sesiones de entrenamiento (Pepping, Heijmerikx, & De Poel, 2011; Pinder et al., 2012; Torrents, Hritovski, & Balagué, 2013). Además de aumentar la autonomía del deportista, se ha comprobado que el aprendizaje implícito garantiza una mayor retención, gestión de la ansiedad y adaptación al cambio (Liao & Masters, 2002; Masters, 1992). La aplicación de estas metodologías supone el desarrollo de nuevas competencias por parte de entrenadores y deportistas que permitan la cesión del control y poder de los primeros a favor de la autonomía y autogestión de los segundos (Sebastiani & Blázquez, 2012).

La llamada toma de decisiones tampoco puede ser solo entendida como un proceso consciente aunque en determinadas ocasiones pueda serlo (p.e. cuando intencionalmente un portero decide lanzarse en una determinada dirección para despejar un penalti). En la mayoría de ocasiones, durante la interacción entre oponentes se produce

una cascada de acciones (amagos, fintas, intentos, cambios de dirección, etc.) altamente eficaces que no precisan del acoplamiento intención-acción o instrucción-acción. Por ello parece recomendable reducir las instrucciones que habitualmente se dan en los entrenamientos y sustituirlas por contextos que favorezcan determinadas prácticas y eviten o limiten otras como ocurre con las situaciones simuladoras preferenciales (Seirul-lo, 1987).

Integración y variabilidad

Para permitir la evolución o formación de nuevas sinergias o para estabilizar las existentes será imprescindible la práctica en contextos cambiantes con variación de los constreñimientos. Para ser efectiva, la variabilidad no será aleatoria ni tampoco excesivamente regular, como ocurre con las clásicas repeticiones de series y ejercicios del entrenamiento deportivo clásico. Cabe señalar que las pretendidas repeticiones no son tales ya que suponen pequeñas variaciones derivadas del hecho de que con cada repetición se producen cambios en el estado de nuestros músculos y sistemas periféricos, de su metabolismo, de la atención, grado de concentración o motivación, etc. Estas pequeñas diferencias pueden resultar insuficientes, o poco eficaces para promover cambios coordinativos. Por otro lado, las variaciones excesivas o totalmente aleatorias pueden ser igualmente ineficaces porque dificultan la integración de las sinergias (Schöllhorn, Mayer-Kress, Newell, & Michelbrink, 2009).

Contrariamente a lo que se podría suponer, la práctica deportiva que se da en contextos naturales (en la calle o en la playa), y que se caracteriza por un aprendizaje implícito acompañado de variaciones impredecibles (cambios en los jugadores, oponentes, material, superficie, reglas de juego, etc.) responde satisfactoriamente al principio de integración aquí expuesto. En cambio, es curioso observar que dichas variaciones se tienden a minimizar o evitar en los entrenamientos que se realizan en los clubes (siempre se entrena a la misma hora, en las mismas instalaciones, con los mismos compañeros, etc.). La riqueza de constreñimientos perceptivos o *affordances* (Fajen, Riley, & Turvey, 2008; Torrents, Araújo, Gordillo, & Vives, 2011) que se produce en contextos naturales es difícil de reproducir en la práctica reglamentada. Además, el uso de máquinas o implementos para entrenar (p.e. máquinas lanza bolas en tenis) altera totalmente el flujo informativo y no contribuye al acoplamiento del ciclo percepción-acción.

El propio ejecutante (o el propio equipo), cuando está suficientemente motivado, suele ser el que mejor conoce y puede autoimponerse los constreñimientos adecuados (retos eficaces respecto a su dinámica intrínseca) para permitir una evolución de las sinergias de forma correlacionada, eficiente y motivante (Vázquez et al., 2011). Por este motivo resulta imprescindible desarrollar competencias que posibiliten la participación activa de los deportistas en el diseño del proceso de entrenamiento.

Cabe matizar que la variabilidad en la práctica se interpreta y aplica de forma muy distinta según las diferentes teorías de aprendizaje (Davids et al., 2008; Davids, Glazier, Araújo, & Bartlett, 2003; Schmidt, 1982; Schöllhorn et al., 2009) y que en muchos deportes se puede dar una integración más eficaz cuando las variaciones provienen de un contexto competitivo, tal como propone la metodología basada en los constreñimientos (Davids et al., 2008; Renshaw, Davids & Savelsberg, 2010).

Conclusiones

La integración en los seres vivos se produce siguiendo principios de dinámica no lineal. El principio de autoorganización, su carácter no proporcional y no consciente y su organización jerárquica a diferentes escalas suelen estar sistemáticamente ignorados en las metodologías de entrenamiento integrado más habituales. Sin embargo, sus aplicaciones se extienden a todos los ámbitos y modalidades deportivas, reclamando la elaboración de nuevas metodologías capaces de aumentar la eficacia y eficiencia del proceso, la motivación por la práctica y su seguridad. Su introducción supone también la adquisición de nuevas competencias por parte de entrenadores y deportistas y el desarrollo de nuevas tecnologías al servicio del entrenamiento y de su valoración.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

Araújo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653-676. doi:10.1016/j.psychsport.2006.07.002

Balagué, N., & Hristovski, R. (2010). Modelling physiological complexity. Dynamic integration of the neuromuscular system during

quasi-static exercise performed until failure. En J. Wiemeyer, A. Baca & M. Lames (Eds.), *Sportinformaik gestern, heute, morgen* (pp. 163-171). Hamburg: Feldhaus Verlag.

Balagué, N., Hristovski, R., & Aragonés, D. (2011). Rol de la intención en la terminación del ejercicio inducida por la fatiga. Aproximación no lineal. *Revista de Psicología del Deporte*, 20(2), 505-521.

Balagué, N., Hristovski, R., Aragonés, D., & Tenenbaum, G. (2012). Nonlinear model of attention focus during accumulated effort. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(5), 591-597. doi:10.1016/j.psychsport.2012.02.013

Balagué, N., Hristovski, R., & Vázquez, P. (2008). Ecological dynamics of decision making in sport. Training issues. *Education, Physical Training, Sport*, 4(71), 11-22.

Balagué, N., & Torrents, C. (2005). La interacción atleta-entrenador desde la perspectiva de los sistemas dinámicos complejos. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 19(3), 19-24.

Balagué, N., & Torrents, C. (2011). *Complejidad y Deporte*. Barcelona: INDE.

Balagué, N., Torrents, C., Hristovski, R., Davids, K., & Araújo, D. (2012). Overview of complex systems in sport. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26, 4-13. doi:10.1007/s11424-013-2285-0

Balagué, N., Torrents, C., & Pol, R. (2012). La complessità dell'allenamento sportivo. En E. Isidori & A. Fraile (Eds.), *Pedagogia dell'allenamento. Prospettive metodologiche* (pp. 249-263). Roma: Edizioni Nova Cultura.

Barsingerhorn, A. D., Zaal, F., De Poel, H. J., & Pepping, G. J. (2013). Shaping decisions in volleivol. An ecological approach to decision-making in volleyball passing. *International Journal of Sport Psychology*, 44, 197-214.

Bourbousson, J., Sève, C. & McGarry, T. (2010). Space-time coordination dynamics in basketball: Part 2. The interaction between the two teams. *Journal of Sport Sciences*, 28(3), 349-358. doi:10.1080/02640410903503640

Davids, K. Button C., & Bennet, S. (2008). *Dynamics of Skill Acquisition. A Constraints-Led Approach*. Champaign: Human Kinetics.

Davids, K., Glazier, P., Araujo, D., & Bartlett, R. (2003). Movement systems as dynamical systems. The functional role of variability and its implications for sports medicine. *Sports Medicine*, 33(4), 245-260. doi:10.2165/00007256-200333040-00001

Davids, K., Hristovski, R., Araújo, D., Balagué, N., Passos, P., & Button, C. (2013). *Complex systems in sport*. London: Routledge.

Delignières, D., Torre, K., & Lemoine, L. (2008). Fractal models for event - based and dynamical timers. *Acta Psychologica*, 127(2), 382-397. doi:10.1016/j.actpsy.2007.07.007

Fajen, B., Riley, M., & Turvey, M. (2008). Information, affordances, and the control of action in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 40(1), 79-107.

Fingelkurts, A. A., & Fingelkurts, A. A. (2004). Making complexity simpler: multivariability and metastability in the brain. *The International Journal of Neuroscience*, 114(7), 843-862. doi:10.1080/00207450490450046

Flevich, E., Kühn, S., & Haggard, P. (2013). There is no free won't: antecedent brain activity predicts decisions to inhibit. *PLoS ONE*, 8, e53503. doi:10.1371/journal.pone.0053053

García-Manso, J. M., Martín, J. M., Dávila, N., Arriaza, E. (2005). Middle and long distance athletics races viewed from the perspective of complexity. *Journal of Theoretical Biology*, 233(2), 191-198.

García-Manso, J. M., Martín-González, J. M., Vaamonde, D., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2012). The limitations of scaling laws in the prediction of performance in endurance events. *Journal of Theoretical Biology*, 300, 324-329.

Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. USA: Houghton Mifflin Company.

Haken, H. (2000). *Information and Self-Organization. A Macroscopic Approach to Complex Systems*. New York: Springer.

- Hristovski, R., & Balagué, N. (2010). Fatigue-induced spontaneous termination point -Nonequilibrium phase transitions and critical behavior in quasi-isometric exertion. *Human Movement Science*, 29, 483-493. doi:10.1016/j.humov.2010.05.004
- Hristovski, R., & Balagué, N. (2013). Harnessing the intrinsic environment brain-body metastability. Toward multi-time-scale load stimulator/simulator systems. *Research in Physical Education, Sport and Health*, 1(2), 71-76.
- Hristovski, R., Davids, K., & Araújo, D. (2009). Information for regulating action in sport: metastability and emergence of tactical solutions under ecological constraints. En D. Araújo, H. Ripoll & M. Raab (Eds.), *Perspectives of cognition and action in sport* (pp. 43-57). USA: Nova Sci. Pub.
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., & Passos, P. (2011). Constraints-induced emergence of functional novelty in complex neurobiological systems: A basis for creativity in sport. *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences*, 15(2), 175-206.
- Hristovski, R., Venskaityte, E., Vainoras, A., Balagué, N., & Vázquez, P. (2010). Constraints-controlled metastable dynamics of exercise-induced psychobiological adaptation. *Medicina*, 46(7), 447-453.
- Jirsa, V. K., Friedrich, R., Haken, H., & Kelso, J. A. S. (1994). A theoretical model of phase transitions in the human brain. *Biological Cybernetics*, 71(1), 27-35. doi:10.1007/BF00198909
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns - The Self-Organisation of Brain and Behaviour*. Cambridge: MIT Press.
- Kelso, J. A. S. (2009). Synergies: atoms of brain and behavior. En D. Sternad (Ed.), *Progress in motor control* (pp. 83-91). New York: Springer.
- Kelso, J. A. S. (2013). Coordination dynamics and cognition. En K. Davids, R. Hristovski, D. Araújo, N. Balagué, P. Passos & C. Button (2013). *Complex systems in sport* (pp. 18-43). London: Routledge.
- Latash, M. L., & Lestienne, F. (2006). *Motor control and learning*. USA: Springer. doi:10.1007/0-387-28287-4
- Liao, C., & Masters, R. S. W. (2002). Self-focused attention and performance failure under psychological stress. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24(3), 289-305.
- Libet, B. (1999). Do we have free will? *Journal of Consciousness Studies*, 6, 47-57.
- Masters, R. S. W. (1992). Knowledge, knerves and know-how: the role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, 83(3), 343-358. doi:10.1111/j.2044-8295.1992.tb02446.x
- Oullier, O., & Kelso, J. A. S. (2009). Coordination from the perspective of social coordination dynamics. En R. A. Meyers (Ed.), *The encyclopedia of complexity and systems science*. Heidelberg: Springer.
- Palut, Y., & Zanone, P. G. (2005). A dynamical analysis of tennis: concepts and data. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1021-1032.
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K., & Shuttlesworth, R. (2008). Manipulating constraints to train decision making in rugby union. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 3(1), 125-140. doi:10.1260/174795408784089432
- Pepping, G.-J., Heijmerikx, J., & De Poel, H. J. (2011). Affordances shape pass kick behavior in association football: Effects of distance and social context. *Revista de Psicología del Deporte*, 20(2), 709-727.
- Pinder, R.A., Davids, K., & Renshaw, I. (2012). Metastability and emergent performance of dynamic interceptive actions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(5), 437-443. doi:10.1016/j.jsams.2012.01.002
- Pol, R. (2011). *La preparación ¿física? en el fútbol*. Pontevedra: MC Sports.
- Pol, R. (2014). La (in)utilidad de los juegos reducidos para preparar la competición. En P. Gómez (Ed.), *El fútbol ¡no! es así*. Barcelona: Futboldeleibro.
- Prokop, A., & Csukas, B. (2013). *Systems biology. Integrative biology and simulation tools*. London: Springer. doi:10.1007/978-94-007-6803-1
- Renshaw, I., Davids, K., & Savelsbergh, G. J. P. (2010). *Motor Learning in Practice: A Constraints-Led Approach*. UK: Routledge.
- Renshaw, I., Davids, K., Shuttlesworth, R., & Chow, J. Y. (2009). Insights from ecological psychology and dynamical systems theory can underpin a philosophy of coaching. *International Journal of Sport Psychology*, 40(4), 580-602.
- Schmidt, R. A. (1982). *Motor Control and Learning. A Behavioural Emphasis*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schöllhorn, W., Mayer-Kress, G., Newell, K., & Michelbrink, M. (2009). Time scales of adaptive behavior and motor learning in the presence of stochastic perturbations. *Human Movement Science*, 28(3), 319-333. doi:10.1016/j.humov.2008.10.005
- Sebastiani, E. M., & Blázquez, D. (Eds.) (2012). *¿Cómo formar un buen deportista?* Barcelona: INDE.
- Seifert, L., & Davids, K. (2012). Intentions, perceptions and actions constrain functional inter- and intra-individual variability in the acquisition of expertise in individual sports. *The Open Sports Science Journal*. 5, (Suppl 1-M8), 68-75. doi:10.2174/1875399X01205010068
- Seirul-lo, F. (1987). La técnica y su entrenamiento. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 24(93), 189-199.
- Seirul-lo, F. (2012). Competencias: desde la educación física al alto rendimiento. *Revista de Educación Física*, 128, 5-8.
- Torrents, C., Araújo, D., Gordillo, A., & Vives, M. (2011). El diseño de contextos de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de la motricidad. *Tándem* (36), 27-35.
- Torrents, C., Hristovski, R., & Balagué, N. (2013). Creatividad y emergencia espontánea de actividades de danza. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación* (24), 107-112.
- Van Orden, G. C., Kloos, H., & Wallot, S. (2009). Living in the pink: intentionality, wellbeing and complexity. En C. A. Hooker. (Ed.), *Philosophy of complex systems. Handbook of the philosophy of science*. Amsterdam: Elsevier.
- Vázquez, P., Balagué, N., & Hristovski, R. (2011). Creatividad o aprendizaje en la educación física escolar: ¿Por dónde empezamos? *Tándem* (36), 36-43.
- Warren, W. (2006). The dynamics of perception and action. *Psychological Review*, 113(2), 358-389. doi:10.1037/0033-295X.113.2.358
- Wing, A., Daffertshofer, A., & Pressing, J. (2004). Multiple time scales in serial production of force: A tutorial on power spectral analysis of motor variability. *Human Movement Science*, 23(5), 569-590. doi:10.1016/j.humov.2004.10.002
- Yamamoto, Y. (2009). Scale-free property of the passing behaviour in a team sport. *International Journal of Sport and Health Science*, 7(2009), 86-95.