

# Entrenament integrat. Principis dinàmics i aplicacions

*Integrated Training. Dynamic principles and applications*

**NATÀLIA BALAGUÉ SERRE**

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya - Centre de Barcelona (Espanya)

**CARLOTA TORRENTS MARTÍN**

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya - Centre de Lleida (Espanya)

**RAFEL POL CABANELLAS**

Real Club Celta de Vigo (Espanya)

**FRANCISCO SEIRUL-LO VARGAS**

Futbol Club Barcelona (Espanya)

**Autora per a la correspondència**

**Natàlia Balagué Serre**

*nataliabalague@gmail.com*

## Resum

L'interès per l'entrenament integrat és creixent i per augmentar la seva eficàcia resulta clau conèixer com es produeix el procés d'integració en els sistemes vius. Generalment, se sol assumir que el tipus d'integració que es dona en l'organisme i entre els components de l'entrenament és sumatòria i lineal; és a dir, està caracteritzada per relacions proporcionals, fixes i invariables en el temps, com les que es donen en qualsevol artefacte tècnic. Aquest model d'integració, basat en la cibernètica clàssica, contrasta amb el model d'integració dinàmica i no lineal, assentat en la neurociència, la teoria de sistemes dinàmics no lineals i la dinàmica ecològica. Alguns principis de la integració dinàmica i no lineal com l'autoorganització, el seu caràcter no proporcional i no conscient i la seva integració contextual en diferents escales acostumen a ignorar-se sistemàticament en les metodologies d'entrenament més habituals. L'objectiu d'aquest treball és presentar els principis dinàmics de l'entrenament integrat per promoure l'emergència de metodologies més eficaces i eficients i alhora més respectuoses amb els esportistes i els equips.

**Paraules clau:** integració dinàmica, metodologia d'entrenament, teoria de sistemes dinàmics no lineals, psicologia ecològica

## 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*

## Introducció

L'ús del terme "integrat" en la bibliografia relacionada amb l'entrenament esportiu s'ha multiplicat en els últims anys. Molts autors l'utilitzen com a sinònim de "multifactorial" o "multidisciplinari", per la qual cosa sol utilitzar-se per definir l'entrenament en què concorren diversos elements, components o processos en

cada sessió o microcicle estructurat. No obstant això, quan parlem d'"entrenament integrat" convé precisar a quin tipus d'integració ens estem referint. Mentre que la integració sumatòria i lineal, o proporcional, és característica de les màquines, la integració dinàmica i no lineal, molt menys estudiada, és pròpia dels éssers vius (Balagué & Hristovski, 2010). Ambdues concepcions

Tipus d'integració	Característica temporal	Input versus output
Lineal	Estàtica, fixa	Proporcional, sumatòria
No lineal	Dinàmica, variable	No proporcional, multiplicativa

◀ **Taula 1.**

Diferències entre integració lineal i no lineal

de l'ésser humà (màquina o ésser viu) es tradueixen en metodologies i propostes d'entrenament molt diferents (Balagué, Torrents, Hristovski, Davids, & Araújo, 2012). L'objectiu d'aquest article és introduir els principis d'integració dinàmica i no lineal per promoure el desenvolupament de noves metodologies d'entrenament. En aquest sentit, resulten especialment rellevants les aportacions de la teoria de sistemes dinàmics no lineals, i en especial de la dinàmica de la coordinació o ciència de la coordinació, que defineix, explica i prediu com es formen, adapten, persisteixen i canvien els patrons coordinatius en els éssers vius (Kelso, 1995). També cal destacar el paper de la dinàmica ecològica (Araújo, Davids, & Hristovski, 2006; Warren, 2006) que, amb pilars en la psicologia ecològica (Gibson, 1979) i la sinèrgica (Haken, 2000), planteja una nova comprensió de la relació percepció-acció<sup>1</sup> i de la presa de decisions en l'esport (Araújo et al., 2006; Balagué, Hristovski, & Vázquez, 2008; Hristovski, Davids, & Araújo, 2009; Pol, 2011).

Els principis d'integració dinàmica i no lineal són aplicables als àmbits tant de la salut com del rendiment, a la iniciació esportiva o a l'esport d'elit i tant en esports individuals (amb oposició o sense) com en col·lectius. En aquests es considerarà també l'equip com un grup social integrat, de manera que les propostes d'entrenament ja no es dirigiran exclusivament als individus sinó que ho faran també a aquesta entitat col·lectiva (Pol, 2011). La seva aplicació persegueix augmentar l'eficàcia i eficiència dels processos d'adaptació, l'autonomia dels esportistes i la seva addicció positiva a la pràctica, reduint els riscos d'aquesta. Tot això suposa un canvi substancial del paper de l'entrenador o entrenadora i dels esportistes en el procés (Balagué & Torrents, 2005; Seirullo, 2012). En aquest article es diferenciarien els tipus d'integració (*taula 1*) i s'explicaran els principis diferencials de l'entrenament integrat dinàmic i no lineal relacionats amb l'emergència espontània de sinèrgies, el seu caràcter no lineal i no conscient, la seva inte-

Esport	Autors
Atletisme	Garcia-Manso, Martín, Dávila, & Arriaza, 2005; García-Manso, Martín-González, Vaamonde, & Da Silva-Grigoletto, 2012
Arts marcial	Hristovski et al., 2009; 2011
Bàsquet	Bourbousson, Sève, & McGarry, 2010
Criquet	Pinder, Davids, & Renshaw, 2012
Escalada	Seifert & Davids, 2012
Futbol	Pepping et al., 2011; Yamamoto, 2009
Natació	Seifert & Davids, 2012
Rugbi	Passos, Araújo, Davids, & Shurtleworth, 2008
Tennis	Palut & Zanone, 2005
Voleibol	Barsingerhorn, Zaal, De Poel, & Pepping, 2013

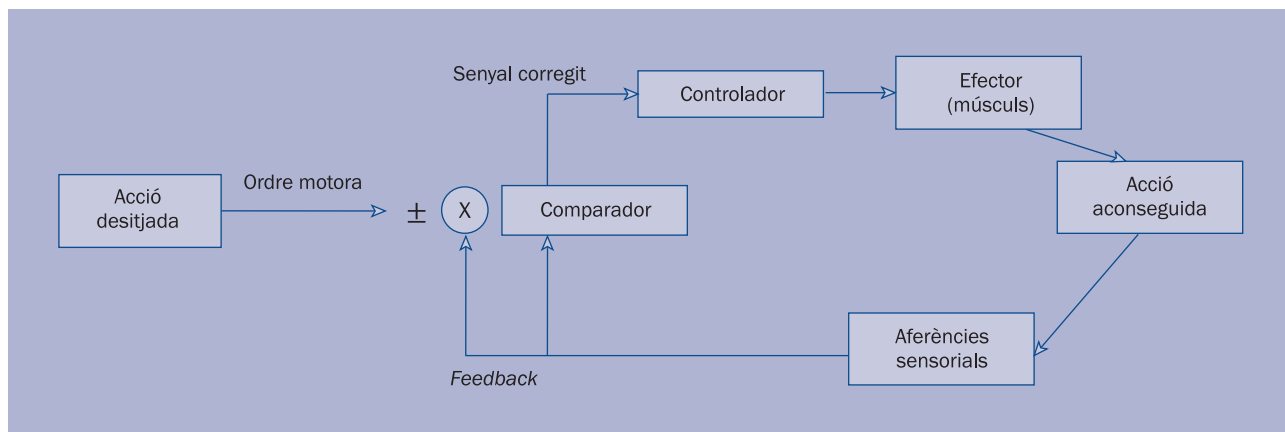
▲ **Taula 2.** Exemples d'estudis realitzats sobre aplicacions dels principis dinàmics a diferents esports

gració contextual a diferents escales i la seva relació amb la pràctica variable. A la *taula 2* es presenten alguns exemples de contribucions científiques aplicades a diferents esports relacionades amb els principis que es descriuen.

## Diferències entre integració lineal i no lineal

Les primeres temptatives d'integració sistèmica en els éssers vius sorgeixen principalment de la cibernètica clàssica, que considera els sistemes biològics com a màquines controlables. Un exemple d'integració lineal el tenim en els bucles de retroalimentació i unitats programables que regulen el

<sup>1</sup> La percepció i l'acció són vistes com a processos indissociables (cicles percepció-acció): actuem per percebre o obtenir informació de l'entorn i percebem possibilitats d'acció.



**Figura 1.** Model cibernètic de control de moviment voluntari

comportament motor voluntari (*fig. 1*). En aquest cas la integració queda representada per diagrames de caixes i fletxes que presenten estructures i processos invariables (o estàtics) en el temps. És a dir, cada estructura i funció actua sempre de la mateixa manera i ho fa de manera proporcional (és a dir, dosi-efecte o “més del bo = millor”).

La integració lineal, que es dona també en els artefactes tècnics (com el motor d'un cotxe), no pot explicar com creem noves sinergies o coordinacions de moviment ni com les adaptem instantàniament a contextos espaciotemporals canviants (Davids, Button, & Bennet, 2008; Renshaw, Davids, Shuttleworth, & Chow, 2009; Vázquez, Balagué, & Hristovski, 2011). Per exemple, resulta complicat explicar a través de la integració lineal com interactuen els moviments dels oponents en esports d'oposició. No obstant això, l'emergència espontània de coordinacions noves i eficients que caracteritza la competició esportiva és un exemple clàssic d'integració no lineal i pot explicar-se satisfactòriament gràcies al procés d'autoorganització (Hristovski et al., 2009; Hristovski, Davids, Araújo, & Passos, 2011), que es revisarà posteriorment. El caràcter no programable sinó emergent i no lineal de les accions tècniques i tàctiques desenvolupades en contextos de competició no es considera en la majoria de propostes metodològiques d'entrenament actuals. Cal assenyalar que la integració no lineal es dona en tot tipus d'accions motrius, siguin pròpies d'esports d'oposició o sense oposició (inclosos esports artístics). Per tant, no se circumscriu exclusivament a l'esport col·lectiu. Per exemple, la possibilitat d'executar fidelment un element gimnàstic es dona gràcies a fins

ajustos del moviment que permeten compensar les necessàries variacions d'execució que es produeixen en contextos canviants. El terme no lineal no es refereix aquí a l'ajust no lineal (exponencial o logarítmic) d'una corba teòrica que pot definir un procés continu d'origen fisiològic, psicològic o orgànic en general, sinó a una discontinuïtat o canvi coordinatiu (qualitatiu) en aquests processos (Kelso, 1995). En general, aquest últim significat del terme no lineal, utilitzat en física, és menys conegut en el context de ciències de l'activitat física i esportiva. La seva comprensió necessita una introducció prèvia als conceptes i principis de la dinàmica de la coordinació. Es recomana a la persona lectora que s'hi familiaritzi per a una millor comprensió del contingut d'aquest article (Balagué & Torrents, 2011; Kelso, 1995; Davids et al., 2013).

## Principis d'integració dinàmica i no lineal aplicats a l'entrenament

### Integració espontània (no programada) de sinergies

Les sinergies es defineixen com a agrupacions funcionals d'elements que actuen com una unitat coherent (Kelso, 2009). Es formen a diferents escales (des de la molecular fins a la interpersonal) i permeten abordar el comportament des d'una perspectiva coordinativa, reduint-ne la dimensionalitat. Emergeixen espontàniament per la interacció entre els seus components i per la tendència dels éssers vius a l'organització i a l'ordre, i es caracteritzen per la seva adaptabilitat, estabilitat i flexibilitat (Latash & Lestiene, 2006). Es formen i

evolucionen pel principi d'autoorganització, que possibilita trobar solucions eficaces i eficients en entorns canviants de manera espontània; és a dir, sense necessitar programes ni ordres externes o internes (Kelso, 1995). Aquest principi és el gran oblidat en molts dels models d'entrenament vigents, que focalitzen innecessàriament el seu esforç a programar la resposta desitjada (*fig. 1*) i intentar reproduir totes les situacions que es poden donar durant la competició.

En comptes de programes motors, els esportistes i equips disposen de coordinacions o sinergies preferencials que, configurats per les seves característiques individuals i la seva experiència prèvia, defineixen els seus atractors naturals o dinàmica intrínseca condicionant el desenvolupament de la seva motricitat (Kelso, 1995; Oullier & Kelso, 2009). Això no significa que el seu rendiment vingui determinat (o programat) genèticament. La postgenòmica entén també el rol dels gens des d'una perspectiva dinàmica i no lineal (Prokop & Csukas, 2013).

A conseqüència de la no linealitat del procés (Jirsa, Friedrich, Haken, & Kelso, 1994), les mateixes càrregues d'entrenament tindran diferents efectes en funció del moment en què s'apliquin. Així, els esportistes alternaran períodes d'aparent estancament amb canvis i millores sobtades, i una mateixa càrrega els produirà diferents efectes (des d'una millora en el rendiment fins a un síndrome de sobreentrenament) en funció del context en què s'apliqui (Hristovski et al., 2010). A una escala temporal inferior, petits canvis en determinats paràmetres de control (com la distància a l'adversari, la velocitat del moviment, la velocitat de la pilota, les dimensions del terreny, etc.) poden ocasionar canvis coordinatius radicals (és a dir, qualitius, no proporcionals) en les sinergies individuals o grupals.

## Integració del context

En la integració dinàmica i no lineal l'acció motriu no es desvincula del context i és vista com una sinergia

executant-entorn; és a dir, com el resultat de la coordinació o adaptació entre la dinàmica de la tasca i la dinàmica intrínseca. Els conceptes de cooperació i competició entre aquestes dinàmiques explicaran els progressos i dificultats en l'evolució o formació de noves sinergies i també la seva individualitat (Balagué, Torrents, & Pol, 2012). No podran emergir les mateixes sinergies en contextos distints ni en individus distints i l'estratègia que s'ha de seguir per al desplegament de la motricitat serà diferent en funció dels dits processos de cooperació o competició. Això limita enormement la validesa de les "receptes". Quan hi hagi cooperació entre dinàmica intrínseca i dinàmica de la tasca, serà relativament senzill adquirir una habilitat (p. e., ensenyar a un patinador a esquiar); en canvi, quan hi hagi competició serà molt més complicat (p. e., entrenar un pivot de bàsquet a pujar una pilota amb seguretat fins al camp contrari).

La manipulació dels constreyniments<sup>2</sup> de les tasques d'entrenament guiarà l'adquisició de noves sinergies i per aquest motiu la identificació dels anomenats paràmetres de control<sup>3</sup> d'aquestes serà clau per augmentar l'eficàcia i eficiència del procés. Per exemple, la manipulació de la distància crítica del porter d'handbol respecte a la seva porteria modificarà la varietat de llançaments que emergiran dels jugadors de camp (p. e., a partir d'una distància crítica emergiran també llançaments de vaselina). S'ha demostrat que els esportistes usen diferents tècniques en situacions similars i la mateixa tècnica en situacions distintes (Barsingerhorn et al., 2013; Hristovski et al., 2011), per la qual cosa pertocarà esperar canvis en l'entropia o la varietat d'accions possibles en funció dels valors dels paràmetres de control. En conseqüència, es proposa que l'entrenament es focalitzi en la sensibilitat dels jugadors cap als límits de les seves accions en comptes de cap a l'execució correcta de tècniques (Barsingerhorn et al., 2013). A més a més, aquesta estratègia evita la repetició innecessària de sinergies (o tècniques) que es troben suficientment estabilitzades, reduint el risc de lesió per sobrecàrrega.

<sup>2</sup> Anomenem constreyniments totes les variables que pressionen o influeixen en el comportament de l'esportista o els equips. S'han classificat en tres tipus (de l'organisme, del medi i de la tasca) malgrat les seves múltiples interconnexions (Davids et al., 2008). Els constreyniments individuals inclouen: el genotip i fenotip, les habilitats físiques o cognitives, les motivacions, emocions, etc. Els ambientals es refereixen a l'entorn familiar, social, cultural, a la climatologia, al resultat i el temps de joc, etc. Els de la tasca es refereixen a les regles que s'apliquen, el material utilitzat, les mesures del camp, la distància a l'objectiu, el nombre de practicants, etc. (Passos et al., 2008).

<sup>3</sup> Paràmetre de control: representació matemàtica dels constreyniments o del context en què el sistema està immers. Poden ser específics, quan tenen la mateixa naturalesa informativa que la característica del moviment (per exemple, una instrucció específica de la tasca o la intenció), i no específics, quan tenen una naturalesa informativa diferent (per exemple, la velocitat o la distància) (Davids et al., 2013).

### Integració a diferents nivells d'anàlisi

Amb la pràctica en contextos variables les sinergies generen atractors i també l'emergència de noves sinergies que es construeixen sobre les anteriors. Per exemple, en futbol i sota determinats constrenyiments, emergiran diferents tipus de xut, que al seu torn podran efectuar-se amb multitud de variants quan s'adapten a diferents contextos. L'adquisició de noves sinergies es fa de forma totalment correlacionada, de manera que unes estan integrades en altres formant subatractors dins d'atractors. És fonamental tenir en compte l'organització jeràrquica d'aquestes sinergies quan abordem el procés d'aprenentatge d'un esport i plantegem els objectius d'entrenament (Hristovski et al., 2011). En la *figura 2* es representa un exemple de jerarquia de sinergies en el futbol. A nivell macroscòpic, la sinergia més general, la que perdura durant tot el partit i s'ubica en la posició jeràrquica superior és la intenció de guanyar el partit; per sota d'ella tenim dues sinergies col·lectives (marcar gol i evitar que ens marquin) de durada menor. Tot seguit, hi ha sinergies característiques de la possessió o no possessió de la pilota. Si tenim possessió podem xutar, conduir la pilota o passar-la, que són sinergies individuals de durada temporal menor. Cadascuna d'elles pot ser efectuada de formes molt diferents (puntualment) en funció dels constrenyiments fins a poder configurar totes les accions d'acció que es donen en un partit.

### Integració a escala col·lectiva

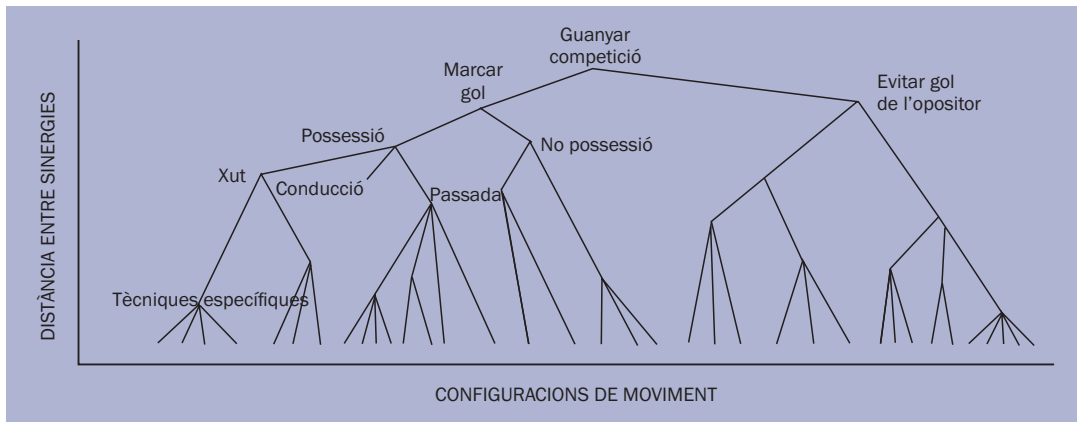
Igual que els diferents components i processos de l'organisme tendeixen a l'ordre produint sinergies coordinatives integrades, el mateix ocorre a escala grupal. De la interacció dels diferents membres d'un equip emergeixen espontàniament sinergies que es formen gràcies als mateixos principis d'integració dinàmica i no lineal. Això comporta un gran repte per a les metodologies d'entrenament en esports col·lectius, que solen assumir l'existència d'una integració de tipus lineal i sumatòria en el grup. Dels equips emergeixen propietats i comportaments col·lectius que no poden ser explicats per les característiques de cap dels seus membres, ja que emanen de la interacció entre aquests. És a dir, un equip veloç no és el format pels jugadors més veloços, ni un equip resistent pels jugadors amb el consum de  $O_2$  més elevat (Pol, 2011). El desenvolupament de sinergies grupals ha de fer-se en estreta interacció amb

el desenvolupament de sinergies individuals per augmentar l'eficàcia i eficiència del procés d'entrenament. És ben sabut que jugadors que marquen molts gols en un equip o en una determinada posició estratègica deixen de fer-ho en canviar d'equip o posició. L'èxit individual en el joc col·lectiu és contextual i està íntimament vinculat al joc col·lectiu, ja que es produeix una relació de causalitat circular —l'àmbit col·lectiu constreny les accions individuals i aquestes formen el joc col·lectiu (Balagué & Torrents, 2011; Pol, 2011).

Els supòsits d'integració lineal o additiva provoquen la fragmentació i descontextualització dels exercicis d'entrenament. És comú, fins i tot en els equips d'elit, observar com durant el joc l'atenció d'alguns jugadors no està centrada en l'objectiu (p. e., marcar gol), sinó en l'acció per si mateixa (p. e., fer circular la pilota en handbol o cercar el tercer home durant un típic joc reduït sense direccionalitat en futbol), i es dona la circumstància de no percebre una possibilitat de llançament o l'existència d'un jugador ben posicionat per crear perill (Pol, 2014). Això es produeix per l'estabilització de certes sinergies que es repeteixen durant els entrenaments sense considerar la seva integració correlacionada a diferents escales o nivells (*fig. 2*). D'altra banda, es qüestiona també l'eficàcia d'entrenar aspectes emocionals o psicològics, estratègies cognitives i qualitats físiques de forma descontextualitzada (Balagué, Hristovski, Aragonés, & Tenenbaum, 2012; Pol, 2011; Seirul-lo, 2012).

En lloc del clàssic procés fraccionat que plantegen algunes metodologies d'entrenament, entrenar tècniques bàsiques (bot, passada, tir, etc.), capacitats condicionals bàsiques (resistència, força, velocitat, etc.) o tàctica bàsica (1x1, 2x2, etc.), s'intentarà no separar les accions o components de l'esport respectant les seves sinergies primordials i cicles de percepció-acció. En els processos d'aprenentatge es proposa partir de les sinergies integrals bàsiques per anar creixent en l'escala de complexitat coordinativa a través de la manipulació (addició o sostracció) de constrenyiments. Aquest és un repte per als entrenadores i professionals de l'activitat física i l'esport, ja que suposa una reestructuració dels continguts a entrenar basant-se en la dinàmica coordinativa de cada esport (*fig. 2*) i un abordatge diferent respecte a les progressions i seqüències que es proposen habitualment. En alguns contextos naturals els mateixos executants incorporen noves regles o dificultats a mesura que estableixen les coordinacions principals. Per exemple, es poden





◀ **Figura 2.** Exemple d'integració correlacionada de sinergies a diferents escales en el futbol. Els constraniments comporten diverses configuracions de moviment

simplificar enormement les regles per als principiants i anar-les introduint fins a arribar al joc reglamentari. També es poden eliminar regles per promoure la creació de noves accions tècniques i tàctiques (al límit del reglament) que encara no formen part del repertori del que s'ensenya (Vázquez et al., 2011).

### Integració a diferents escales temporals

El rendiment de l'ésser humà en diversos tipus de tasques exhibeix una variabilitat o dinàmica de fluctuacions (Delignières, Torre, & Lemoine, 2008; Wing, Daffertshofer, & Pressing, 2004; entre molts altres) que es troba tipificada per al seu millor reconeixement (Hristovski & Balagué, 2013; Van Orden, Kloos, & Wallot, 2009). Es denomina autosimilar per la seva particular estructura, que reflecteix la integració existent a diferents escales temporals. És a dir, la dinàmica de fluctuacions corresponent a processos musculars (escala de mil·lsegons) és estadísticament similar a la que es desenvolupa en l'àmbit de processos espinals o reflexos (escala de segons) i processos corticals (desenes de segon). Per tant, parlem que tots aquests processos i subprocessos es troben totalment correlacionats en els éssers vius, proporcionant la seva metaestabilitat (o estabilitat dinàmica) característica, que els permet ser flexibles i adaptables als canvis de l'entorn. No obstant això, alguns factors com l'edat o la fatiga induïda per l'exercici poden alterar les dinàmiques de canvi dels esmentats processos i augmentar la rigidesa de les seves adaptacions, i això dificulta la creació de sinergies eficaces i segures (Balagué, Hristovski, & Aragonés, 2011; Hristovski & Balagué, 2010; Hristovski, Venskaityte, Vainoras, Balagué, & Vázquez, 2010).

L'estudi de la dinàmica de canvi de les variables que avaluen processos orgànics comporta un gran repte per a les futures tecnologies d'avaluació funcional aplicades a l'entrenament perquè permet monitoritzar l'estat de les adaptacions i reconèixer les estructures i processos principalment involucrats en l'esforç. Les noves tecnologies i màquines d'entrenament també han de tenir en compte aquest principi d'integració en diferents escales si pretenen proporcionar estímuls que s'adeqüin a la naturalesa de l'organisme millorant així l'eficiència del procés d'entrenament (Hristovski & Balagué, 2013).

### Integració no conscient

El cos en moviment disposa de molts més graus de llibertat dels que es poden controlar conscientment i la pràctica esportiva requereix en molts casos respostes immediates que no podrien ser satisfetes eficaçment si fossin programades per processos corticals. Malgrat que integren processos volutius, les accions motrius dels éssers vius i en especial les accions esportives es regulen principalment en àrees subcorticals i no necessiten l'existència de programes prèviament emmagatzemats al cervell ni decisions motrius elaborades conscientment. De fet, es coneix actualment que aquestes accions ni es programen ni es veten en el conscient, sinó que tant les decisions d'actuar com de no fer-ho emergeixen principalment per processos no conscients, i l'experiència conscient és només una altra conseqüència (Fleisch, Kühn, & Haggard, 2013; Libet, 1999). Les evidents manifestacions de memòria motriu s'expliquen per la facilitació (flexible) de connexions sinàptiques en comptes de per patrons motors emmagatzemats en xarxes neuronals específiques, ja que una xarxa neuronal pot produir múltiples patrons (Fingelkurts & Fingelkurts, 2004).

A més a més, cal considerar la naturalesa emergent de representacions i processos convencionalment estudiats per la psicologia cognitivista com la intenció, la memòria, l'atenció, etc. Així, es dilueix la clàssica contraposició entre enfocaments cognitivistes i dinàmics (Kelso, 2013).

Des de la perspectiva integradora dinàmica i no lineal, es proposa que el procés d'entrenament sigui predominantment implícit en comptes d'explícit, és a dir, que estigui basat en els constrenyiments de la tasca en comptes de les ordres de l'entrenador o la manipulació de la intenció o volició de l'esportista (Balagué & Torrents, 2011). És comú experimentar com les instruccions verbals de l'entrenador o la retroacció (*feedback*) (fig. 1) no tenen els resultats esperats. Això és degut al fet que els propòsits i el control conscient del moviment són només uns constrenyiments més, que interaccionen amb la dinàmica intrínseca i la dinàmica de la tasca (Seifert & Davids, 2012), i que sovint són poc eficaços o resulten insuficients per crear noves sinergies. Sovint s'observa que alguns entrenadors avaluen les execucions oblidant que alguns constrenyiments no són ni manipulables amb la intenció ni modificables a l'escala temporal sol·licitada. D'altra banda, les ordres promouen l'adaptació intenció-acció o instrucció-acció en lloc de l'adaptació percepció-acció, limitant així l'eficàcia i autonomia dels esportistes durant la competició. Una adequada modulació dels constrenyiments pot promoure noves sinergies sense necessitar les ordres explícites que caracteritzen moltes sessions d'entrenament (Pepping, Heijmerikx, & De Poel, 2011; Pinder et al., 2012; Torrents, Hritovski, & Balagué, 2013). A més d'augmentar l'autonomia de l'esportista, s'ha comprovat que l'aprenentatge implícit garanteix una major retenció, gestió de l'ansietat i adaptació al canvi (Liao & Masters, 2002; Masters, 1992). L'aplicació d'aquestes metodologies suposa el desenvolupament de noves competències per part d'entrenadores i esportistes que permetin la cessió del control i poder dels primers a favor de l'autonomia i autogestió dels segons (Sebastiani & Blázquez, 2012).

L'anomenada presa de decisions tampoc no pot ser només entesa com un procés conscient encara que en determinades ocasions pugui ser-ho (p. e., quan intencionalment un porter decideix llançar-se en una determinada direcció per rebutjar un penal). En la majoria d'ocasions, durant la interacció entre oponents es produeix una cascada d'accions (gestos, fintes, intents, canvis de direcció, etc.) altament eficaços que no necessiten l'adaptació intenció-acció o instrucció-acció. Per això

sembla recomanable reduir les instruccions que habitualment es donen en els entrenaments i substituir-les per contextos que afavoreixin determinades pràctiques i n'evitin o en limitin d'altres, com ocorre amb les situacions simuladores preferencials (Seirul-lo, 1987).

### **Integració i variabilitat**

Per permetre l'evolució o formació de noves sinergies o per estabilitzar les existents serà imprescindible la pràctica en contextos canviants amb variació dels constrenyiments. Per ser efectiva, la variabilitat no ha de ser aleatòria ni tampoc excessivament regular, com ocorre amb les clàssiques repeticions de sèries i exercicis de l'entrenament esportiu clàssic. Cal assenyalar que les preteses repeticions no són tals, ja que suposen petites variacions derivades del fet que amb cada repetició es produeixen canvis en l'estat dels nostres músculs i sistemes perifèrics, del seu metabolisme, de l'atenció, grau de concentració o motivació, etc. Aquestes petites diferències poden resultar insuficients, o poc eficaços per promoure canvis coordinatius. D'altra banda, les variacions excessives o totalment aleatòries poden ser igualment ineficaços perquè dificulten la integració de les sinergies (Schöllhorn, Mayer-Kress, Newell, & Michelbrink, 2009).

Contràriament al que es podria suposar, la pràctica esportiva que es dona en contextos naturals (al carrer o a la platja), i que es caracteritza per un aprenentatge implícit acompanyat de variacions impredecibles (canvis en els jugadors, oponents, material, superfície, regles de joc, etc.), respon satisfactòriament al principi d'integració aquí exposat. En canvi, és curiós observar que aquestes variacions es tendeixen a minimitzar o evitar en els entrenaments que s'efectuen als clubs (sempre s'entrena a la mateixa hora, en les mateixes instal·lacions, amb els mateixos companys, etc.). La riquesa de constrenyiments perceptius o *affordances* (Fajen, Riley, & Turvey, 2008; Torrents, Araújo, Gordillo, & Vives, 2011) que es produeix en contextos naturals és difícil de reproduir en la pràctica reglamentada. A més a més, l'ús de màquines o implements per entrenar (p. e., màquines llançapilotes en tennis) altera totalment el flux informatiu i no contribueix a l'adaptació del cycle percepció-acció.

El mateix executant (o el mateix equip), quan està suficientment motivat, sol ser el que millor coneix i pot autoimposar-se els constrenyiments adequats (repertes eficaços respecte a la seva dinàmica intrínseca) per

permetre una evolució de les sinergies de forma correlacionada, eficient i motivadora (Vázquez et al., 2011). Per aquest motiu resulta imprescindible desenvolupar competències que possibilitin la participació activa dels esportistes en el disseny del procés d'entrenament.

Cal matisar que la variabilitat en la pràctica s'interpreta i aplica de forma molt distinta segons les diferents teories d'aprenentatge (Davids et al., 2008; Davids, Glazier, Araújo, & Bartlett, 2003; Schmidt, 1982; Schöllhorn et al., 2009) i que en molts esports es pot donar una integració més eficaç quan les variacions provenen d'un context competitiu, tal com proposa la metodologia basada en els constrenyiments (Davids et al., 2008; Renshaw, Davids & Savelsberg, 2010).

## Conclusions

La integració en els éssers vius es produeix seguint principis de dinàmica no lineal. El principi d'autoorganització, el seu caràcter no proporcional i no conscient i la seva organització jeràrquica a diferents escales solen estar sistemàticament ignorats en les metodologies d'entrenament integrat més habituals. No obstant això, les seves aplicacions s'estenen a tots els àmbits i modalitats esportives, reclamant l'elaboració de noves metodologies capaces d'augmentar l'eficàcia i eficiència del procés, la motivació per la pràctica i la seva seguretat. La seva introducció suposa també l'adquisició de noves competències per entrenadores i esportistes i el desenvolupament de noves tecnologies al servei de l'entrenament i de la seva valoració.

## Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

## Referències

- 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. A J. Wiemeyer, A. Baca & M. Lames (Eds.), *Sportinformatik gestern, heute, morgen* (pàg. 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 complejidad dell'allenamento sportivo. A E. Isidori & A. Fraile (Eds.), *Pedagogia dell'allenamento. Prospettive metodologiche* (pàg. 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
- Fleisch, 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.0053503
- 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. A D. Araújo, H. Ripoll & M. Raab (Eds.), *Perspectives of cognition and action in sport* (pàg. 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. A D. Sternad (Ed.), *Progress in motor control* (pàg. 83-91). New York: Springer.
- Kelso, J. A. S. (2013). Coordination dynamics and cognition. A K. Davids, R. Hristovski, D. Araújo, N. Balagué, P. Passos & C. Button (Eds.), *Complex systems in sport* (pàg. 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. A 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 Psicologia 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 preparació ¿física? en el fútbol*. Pontevedra: MC Sports.
- Pol, R. (2014). La (in)utilidad de los juegos reducidos para preparar la competición. A 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), 319-33. 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. A 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.