



Universitat de Lleida

La creativitat en el futbol com a fenomen complex Eines d'avaluació i propostes per desenvolupar-la

Albert Canton Badell

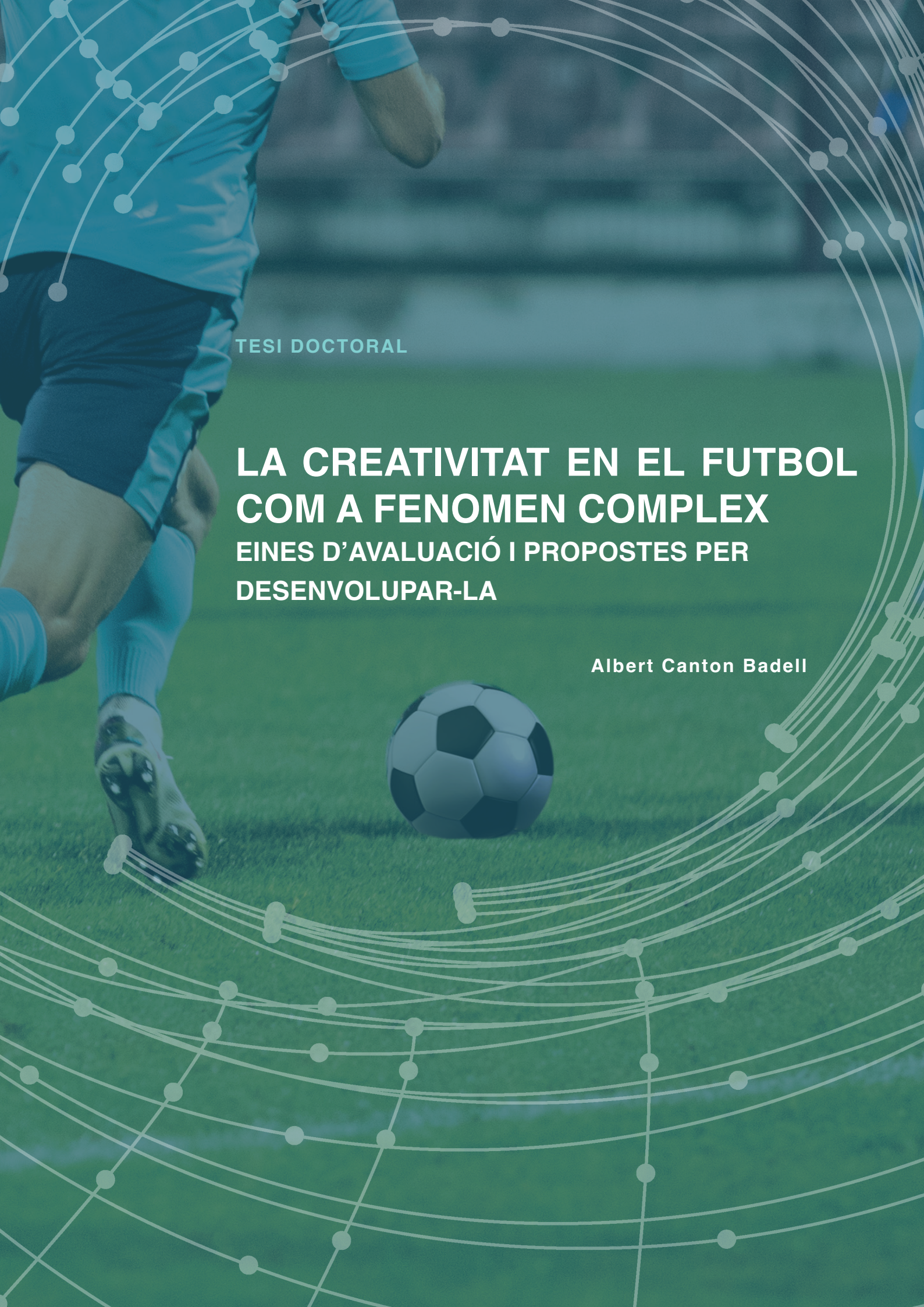
<http://hdl.handle.net/10803/687552>



La creativitat en el futbol com a fenomen complex. Eines d'avaluació i propostes per desenvolupar-la està subjecte a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 4.0 No adaptada de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Les publicacions incloses en la tesi no estan subjectes a aquesta llicència i es mantenen sota les condicions originals.

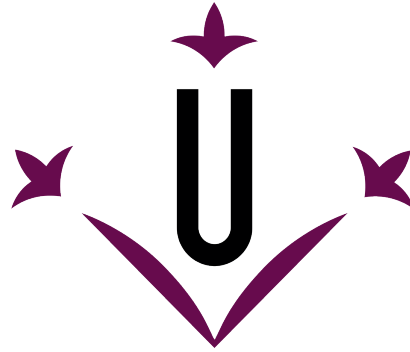
(c) 2022, Albert Canton Badell



TESI DOCTORAL

**LA CREATIVITAT EN EL FUTBOL
COM A FENOMEN COMPLEX
EINES D'AVALUACIÓ I PROPOSTES PER
DESENVOLUPAR-LA**

Albert Canton Badell



Universitat de Lleida

TESI DOCTORAL

La creativitat en el futbol com a fenomen complex
Eines d'avaluació i propostes per desenvolupar-la

Albert Canton Badell

Memòria presentada per optar al grau de Doctor per la
Universitat de Lleida

Programa de Doctorat en Activitat Física i Esport

Directors/es
Robert Hristovski
Carlota Torrents Martín

Tutora
Carlota Torrents Martín

2022

Tapa: Aina Rafart Costa

Disseny i maquetació: Aina Rafart Costa

Impressió: www.laimprentacg.com

El treball d'aquesta tesi es va realitzar a l'Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), Universitat de Lleida (UdL), Lleida, Espanya, dins del projecte 2016 PINEF 00002 La creativitat motriu com a fenomen complex: criteris per al seu desenvolupament. S'agraeix el suport econòmic en les publicacions i activitats derivades d'aquesta tesi a través del programa de Promoció de la Recerca PARINEFC 2017-22.

inefc Institut Nacional
d'Educació Física
de Catalunya

 **Generalitat
de Catalunya**


Universitat de Lleida

L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Algunes publicacions incloses en aquesta tesi no estan subjectes a aquesta llicència i es mantenen sota les condicions originals de cada revista.

© 2022, Albert Canton Badell

The background of the page features a complex, abstract pattern of thin, light blue curved lines that sweep across the frame. Small, solid blue circles are scattered throughout, often positioned at the intersections of the lines, creating a network-like or orbital structure. The overall aesthetic is clean, modern, and technical.

DIRECCIÓ

Carlota Torretns Martín, PhD, Professora Catedràtica
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC)
Universitat de Lleida (UdL), Lleida, Espanya

Robert Hristovski, PhD, Professor Catedràtic
Faculty of Physical Education, Sport and Health
Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedònia

TUTORITZACIÓ

Carlota Torretns Martín, PhD, Professora Catedràtica
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC)
Universitat de Lleida (UdL), Lleida, Espanya

TESI DOCTORAL

La creativitat en el futbol com a fenomen complex Eines d'avaluació i propostes per desenvolupar-la

Albert Canton Badell

Memòria presentada per optar al grau de Doctor per la
Universitat de Lleida

Programa de Doctorat en Activitat Física i Esport

Directors/es

Robert Hristovski
Carlota Torrents Martín

Tutora
Carlota Torrents Martín

2022



Dedicada...

A Silvia y Lucía.

Al Papa i a la Mama, gràcies per estar sempre al meu costat i animar-me a continuar endavant.

A l'Avi i a la Yaya, sempre us tinc en el record.

A Yaya Lucía, ojalá hoy estuvieras aquí.

AGRAÏMENTS

Voldria agrair a totes aquelles persones que, des de l'inici d'aquesta tesi, d'una manera o altra m'han ajudat i acompanyat en aquest procés.

A **Silvia**, por estar siempre a mi lado y animarme a continuar luchando por nuestros sueños. A **Lucía**, por hacernos felices.

Al **Papa** i a la **Mama**, pel vostre amor incondicional.

Al **Tete**, a la **Begoña**, a l'**Olga** i a la **Carla**. Tant de bo ens veiéssim més.

A l'**Avi** i la **Yaya**. Us trobo tant a faltar!

A **Yaya Lucía, Jesús, Nuri, Javi, Santi y Marcos**, por el apoyo y cariño que me habéis dado todos estos años.

A la **Carlota**, primer per acollir-me al teu programa de doctorat. Amb els anys, podem dir que ja som família. Gràcies per la teva paciència infinita. Gràcies per la teva professionalitat i celeritat en les correccions. Gràcies per ensenyar-me tant i confiar sempre en mi. I gràcies, sobretot, per haver-me escoltat en tants moments i haver-me fet de germana gran quan t'he necessitat.

Al **Robert Hristovski**, per voler formar part d'aquesta tesi doctoral; per acollir-me a Skopje i, sobretot, per les converses que hem tingut per donar llum a tots els dubtes que m'han pogut sorgir. Ти благодарам многу Роберт, се надевам дека ќе вечерам со тебе повторно еден ден во Баба Цана.

A **Ángel Ric**, por la infinidad de consejos que me has dado, relacionados y no relacionados con la tesis. Gracias Ángel, creo que nunca te podré agradecer suficiente lo mucho que me has ayudado. Ojalá pronto podamos presentarnos a nuestros hijos y repetamos más a menudo excursiones como la de Roda de Isábena.

Al **Kike Lacasa**, per entendre'm, animar-me i, encara que sense èxit, intentar quedar els dos junts per tirar endavant les respectives tesis. Si he gaudit tant escrivint articles i treballant amb tu, no em vull ni imaginar el que deu ser jugar junts al pàdel! I gràcies per la teva ajuda en l'esprint final!

Al **Raúl Hileno**, perquè molts cops m'has tret de casa per esbargir-me, per oferir-me la teva ajuda i amistat incondicional.

A l'**Oleguer Camerino** i la **Marta Castanyer**, perquè va ser vosaltres els que em vauc inocular la curiositat per la recerca.

A l'**Óscar Farrús** i al **Lluís Sans**, perquè sense vosaltres, simplement, la vida no seria tan divertida.



A la **Carme** i la **Dolors**, per preguntar sempre, per la vostra tasca tan poc visible però imprescindible.

Als companys del grup de recerca, **Natàlia Balagué**, **Pablo Vázquez**, **Aleix Gibert**, **Mari Carmen Almarcha**, **Lluc Montull**, al **Lluís Rocas** i molts altres companys. Les trobades que hem fet amb el grup, no només han estat molt agradables i divertides, sinó que també molt inspiradores.

Al **PAS**, companys i companyes de gestió acadèmica, programa de doctorat, gestió econòmica, biblioteca, audiovisuals i informàtica de l'INEFC-Lleida. Especial menció a **Montse Sanmartí**, **Teresa Maria Figuerola** i **Enric Burgués**. La vostra ajuda en cadascun dels vostres àmbits ha estat essencial per a què aquesta tesi vegi la llum.

A l'**Aina Rafart**, per ajudar-me amb el procés de maquetació i perquè gràcies a tu la tesi serà molt més bonica!

Als companys del **PDI** de l'INEFC que en algun moment o altre s'han interessat per l'estat de la tesi! En especial al **Pedro Ruiz**, company de despatx, que tantes estones hem passat junts. Gràcies per les converses inspiradores.

Al **Bruno Gonçalves**, per haver-m'ho donat tot. Coneixements, amistat i ajuda en qualsevol moment que li he demanat. Que estás a fazer?

Al **Jaime Sampaio**, per acollir-me i obrir-me les portes al Research Center for Sport, Health and Human Development (CIDESD) de la Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro de Vila Real, Portugal.

Al **Bruno Figueira** i la **Sophie Fachada**, per la vostra hospitalitat infinita.

Als companys del **CIDESD** de Vilareal, **Nuno Leite**, **Sara Santos**, **Luis Vaz**, **Nuno Mateus**, **Murilo Merlin**, **Diogo Coutinho** i **Juliana Exel**. Eu nunca vou esquecer os dias que passei com você.

Al **Pedro Passos**, per la seva acollida i donar-me l'oportunitat de crear sinèrgies entre els nostres coneixements. Per ser un professional enorme i proper. Sem estresse!!

Als amics que vaig fer a Lisboa, **Luís Gómez-Jordana**, **Corentin** i **Manon**; i als que vaig fer a Skopje, **Marina**, **Maja**, **Jasna** i molts d'altres.

A l'**INEFC Lleida**, per la confiança dipositada en mi per gaudir de la beca de formació.

A la **UdL**, en especial a l'escola de doctorat, a la coordinació i membres de la comissió acadèmica i al negociat acadèmic de doctorat.

A l'**FCB Escola**, especialment a l'**Isaac Guerrero** per donar-me l'oportunitat de recollir dades amb els seus futbolistes i estar sempre obert a noves col·laboracions.

Al **Filippo Salvioni**, per estar sempre obert a fer recerca innovadora i útil pels

aprenents de futbol.

A l'**Agnė Slapšinskaitė-Dackevičienė**, al **Sam Robertson** i a l'**Antonio Garcia de Alcaraz**, per avenir-se a fer l'avaluació d'aquesta tesi.

A l'**Andreu** i la **Lúa**, perquè heu viscut el procés de la tesi al meu costat i us n'heu interessat sempre.

A aquelles persones i institucions que, sense voler, hagi pogut ometre.

Sense totes vosaltres no hagués sigut possible fer aquesta tesi. Gràcies per ajudar-me a ser qui sóc, arribar a ser on sóc i ser millor persona, investigador i professor.



RESUM

Els equips de futbol cada vegada són més estudiats pels rivals. La creativitat motriu és un element clau per tal que esportistes i equips de futbol siguin més eficients per aconseguir l'objectiu que, normalment, és guanyar un partit. Aquesta eficiència es pot aconseguir a través d'augmentar el potencial de diversitat i impredictibilitat, és a dir, l'equip ha de ser suficientment estable per tal que els companys d'un mateix equip s'entenguin i, a la vegada, sigui suficientment divers i imprevisible per a l'equip rival. Des de la perspectiva dels sistemes complexos, la creativitat s'entén com a un fenomen emergent a partir de la interacció de l'organisme (esportistes o equips) i l'entorn, un procés no lineal i complex. Al llarg dels anys, la recerca en creativitat motriu individual ha anat en augment, no obstant això, existeix molt poca literatura que faci referència a la creativitat d'un col·lectiu o la creativitat específica del futbol.

Aquesta tesi compta amb dos objectius principals: (1) Estudiar com la modificació de constreyniments de la tasca pot afavorir el desenvolupament de la creativitat motriu en el futbol masculí en diferents edats, nivells i categories. Concretament, estudiar els efectes de la modificació del nombre d'oponents i companys en diferents intervals de temps i la ubicació reglamentària de les porteries; i (2) Explorar l'ús de diferents eines d'anàlisi per avaluar la creativitat motriu tenint en compte el seu comportament complex i no lineal i el comportament col·lectiu de l'equip.

Es presenta un compendi de quatre publicacions. Les tres primeres estan orientades al primer dels objectius, mentre que la quarta està orientada al segon.

Els resultats d'aquesta tesi suggereixen que el fet de constreynir les tasques, concretament, la modificació del nombre de companys i oponents en diferents intervals de temps, i la ubicació reglamentària de les porteries, afavoreix el desenvolupament de la creativitat motriu al futbol masculí a diferents edats, nivells i categories. Pel que fa al constreyniment relacionat amb la modificació temporal de companys i oponents, els resultats van revelar que, en la categoria de menors de 15 anys, hi va haver un lleuger augment en el comportament exploratori tant a curt com a llarg termini. En canvi, en els menors de 23 anys, el mateix constreyniment va promoure un augment poc clar en l'exploració a curt termini i un augment molt gran en el comportament exploratori a llarg termini.

Quant al constreyniment de la ubicació no reglamentària de les porteries (en diagonal), els resultats van revelar que el comportament espacial dels equips canvia i els obliga a buscar patrons de coordinació inusuals, però no canvia significativament la similitud de les configuracions i la rapidesa amb què els equips canvien el tipus de configuració. Tot i així, aquest tipus de constreyniment va mostrar que els jugadors van rendir de forma similar.

Per altra banda, es confirma que diferents eines d'anàlisi, com el *Dynamic Overlap*, que aporta informació sobre com és de variat el repertori de comportaments i sobre el nombre de respostes diferents que s'han realitzat; l'anàlisi de components principals, que informa sobre la robustesa dels patrons de comportament; i el coeficient de congruència de Tucker, que avalua com de similars o diferents són dos o més patrons (originalitat), són eines d'anàlisi vàlides i útils per avaluar la creativitat motriu tenint en compte el seu comportament complex i no lineal i el comportament col·lectiu de l'equip.

Gràcies als estudis que conformen aquesta tesi, es proposen diferents aplicacions pràctiques per al desenvolupament de la creativitat en equips de futbol. Per exemple, el fet de modificar els constreyniments de la tasca en intervals breus de temps sembla augmentar la diversitat del comportament motriu, o proposar canvis de l'entorn que afavoreixin comportaments poc habituals, tal com s'ha observat als estudis en què es va modificar la ubicació de les porteries. Finalment, alguna de les eines que es proposen per avaluar la creativitat es podrien utilitzar a l'entrenament esportiu, sempre que les dades es poguessin obtenir de forma més automàtica que com s'han recollit en aquesta tesi.

Per tot això, esperem que aquesta tesi serveixi per a una millor comprensió del fenomen de la creativitat en el futbol i en l'esport en general, també des del vessant col·lectiu, dinàmic i no lineal.

Paraules clau: complexitat, jocs reduïts, *dynamic overlap*, anàlisi de components principals, coeficient de congruència de Tucker, esports d'equip, *Unsupervised Machine Learning Methods*.

RESUMEN

Los equipos de fútbol son cada vez más estudiados por los rivales. La creatividad motriz es un elemento clave para que deportistas y equipos de fútbol sean más eficientes para conseguir el objetivo, que normalmente es ganar un partido. Esta eficiencia puede conseguirse a través de aumentar el potencial de diversidad e impredecibilidad, es decir, el equipo tiene que ser suficientemente estable para que los compañeros de un mismo equipo se entiendan y, a su vez, sean suficientemente diversos e imprevisibles para el equipo rival. Desde la perspectiva de los sistemas complejos, la creatividad se entiende como un fenómeno emergente a partir de la interacción del organismo (deportistas o equipos) y el entorno, un proceso no lineal y complejo. A lo largo de los años, la investigación en creatividad motriz individual ha ido en aumento, sin embargo, existe muy poca literatura que haga referencia a la creatividad de un colectivo o a la creatividad específica del fútbol.

Esta tesis cuenta con dos objetivos principales: (1) Estudiar cómo la modificación de constreñimientos de la tarea puede favorecer el desarrollo de la creatividad motriz en el fútbol masculino en diferentes edades, niveles y categorías. Concretamente, estudiar los efectos de la modificación del número de oponentes y compañeros en distintos intervalos de tiempo, y la ubicación reglamentaria de las porterías; y (2) Explorar el uso de diferentes herramientas de análisis para evaluar la creatividad motriz teniendo en cuenta su comportamiento dinámico y no lineal y la interacción de los jugadores.

Se presenta un compendio de cuatro publicaciones. Las tres primeras están orientadas al primero de los objetivos, mientras que la cuarta está orientada al segundo.

Los resultados de esta tesis sugieren que el hecho de constreñir las tareas, concretamente, la modificación del número de compañeros y oponentes en diferentes intervalos de tiempo, y la ubicación reglamentaria de las porterías, favorece el desarrollo de la creatividad motriz en el fútbol masculino en distintas edades, niveles y categorías. En relación al constreñimiento relacionado con la modificación temporal de compañeros y oponentes, los resultados revelaron que, en la categoría de menores de 15 años, hubo un ligero aumento en el comportamiento exploratorio tanto a corto como a largo plazo. En cambio, en los menores de 23 años, el mismo constreñimiento promovió un aumento poco claro en la exploración a corto plazo, y un aumento muy grande en el comportamiento exploratorio a largo plazo.

En cuanto al constreñimiento de la ubicación no reglamentaria de las porterías (en diagonal) los resultados revelaron que el comportamiento espacial de los equipos cambia y los obliga a buscar patrones de coordinación inusuales, pero no cambia significativamente la similitud de las configuraciones y la rapidez con la que los equipos cambian el tipo de configuración. Aun así, este tipo de constreñimiento mostró que los jugadores rindieron de forma similar.

Por otra parte, se confirma que diferentes herramientas de análisis, como el *Dynamic Overlap*, que aporta información sobre lo variado que es el repertorio de comportamientos y sobre el número de respuestas diferentes que se han realizado; el análisis de componentes principales, que informa sobre la robustez de los patrones de comportamiento; y el coeficiente de congruencia de Tucker, que evalúa cómo de similares o diferentes son dos o más patrones (originalidad), son herramientas de análisis válidas y útiles para evaluar la creatividad motriz teniendo en cuenta su comportamiento complejo y no lineal y el comportamiento colectivo del equipo.

Gracias a los estudios que conforman esta tesis se proponen diferentes aplicaciones prácticas para el desarrollo de la creatividad en equipos de fútbol. Por ejemplo, el hecho de modificar los constreñimientos de la tarea en intervalos breves de tiempo parece aumentar la diversidad del comportamiento motriz, o proponer cambios del entorno que favorezcan comportamientos poco habituales, tal y como se ha observado en los estudios en los que se modificó la ubicación de las porterías. Por último, alguna de las herramientas que se proponen para evaluar la creatividad se podrían utilizar en el entrenamiento deportivo, siempre que los datos pudieran obtenerse de forma más automática que como se han recogido en esta tesis.

Por todo ello, esperamos que esta tesis sirva para una mejor comprensión del fenómeno de la creatividad en el fútbol y en el deporte en general, también desde la vertiente colectiva, dinámica y no lineal.

Palabras clave: complejidad, juegos reducidos, *dynamic overlap*, análisis de componentes principales, coeficiente de congruencia de Tucker, deportes de equipo, *Unsupervised Machine Learning Methods*.

ABSTRACT

Football teams are increasingly being studied by rivals. Motor creativity is a key element in making athletes and football teams more efficient in achieving their goal, which is usually to win a game. This efficiency can be achieved by increasing the potential for diversity and unpredictability. The team must be stable enough for teammates to understand each other and at the same time be diverse and unpredictable enough for rivals. Considering the Complex Systems approach, creativity is an emergent phenomena from the interaction of the organism (athletes or teams) and the environment, a non-linear and complex process. Over the years, research on individual motor creativity has been increasing, however, literature that refers to the creativity of a group or to football-specific creativity is scarce. In order to investigate the creativity of teams, this thesis has two main objectives: (1) To study how the modification of task constraints can promote the development of motor creativity in men's football at different ages, levels and categories. Specifically, to study the effects of the change in the number of opponents and teammates in different time intervals, and the location of the regulatory position of the goals; and (2) Explore the use of different analysis tools to assess motor creativity taking into account their complex, nonlinear behaviour and the team's collective behaviour.

A compendium of four publications is presented. The first three are aimed at the first of the targets, while the fourth is aimed at the second.

The results of this thesis suggest that the fact of constraining the tasks, specifically, the modification of the number of teammates and opponents in different time intervals, and the regulatory location of the goals, favours the development of motor creativity in male football in different ages, levels and categories. In relation to the constraint related to the temporary modification of team mates and opponents, the results revealed that, in the category of children under 15 years of age, there was a slight increase in exploratory behaviour both in the short and long term. In contrast, in those players younger than 23 years old, the same constraint promoted an unclear increase in exploration in the short term, and a very large increase in in the long term exploratory behavior.

Regarding the constraint of the non-regulatory location of the goals (diagonally), the results revealed that the spatial behaviour of the teams changes and forces them to look for unusual coordination patterns, but does not significantly change the similarity of the configurations and the speed with which teams change the type of configuration. Still, this type of constraint showed that the players performed similarly.

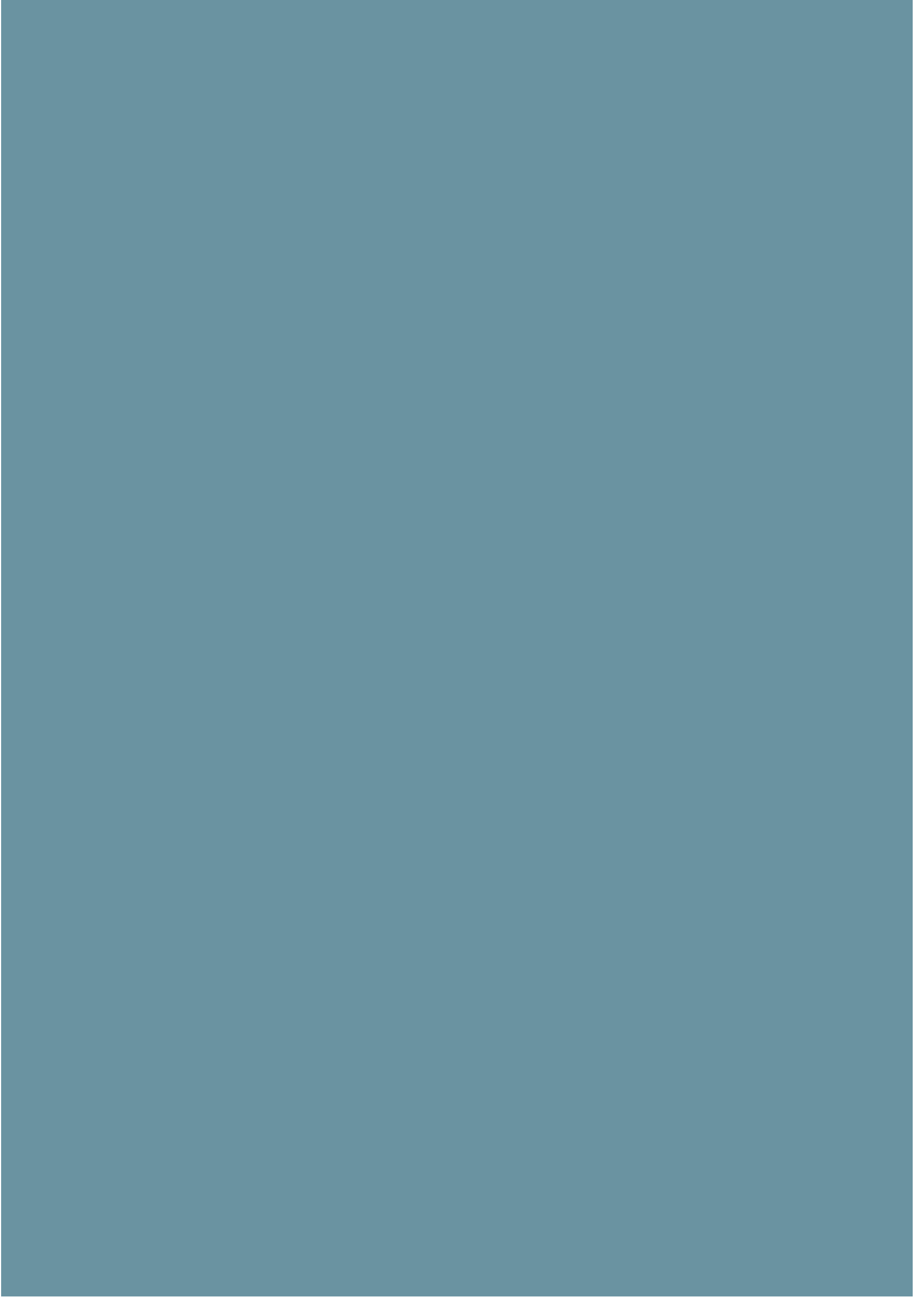
On the other hand, it is confirmed that different analysis tools, such as the Dynamic Overlap, which provides information on how varied the repertoire of behaviours is

and on the number of different responses that have been made; principal component analysis, which reports on the robustness of behaviour patterns; and Tucker's congruence coefficient, which evaluates how similar or different two or more patterns are (originality), are valid and useful analysis tools to evaluate motor creativity taking into account its complex and non-linear behaviour and the collective behaviour of the team.

Thanks to the studies that make up this thesis, different practical applications are proposed for the development of creativity in football teams. For example, the fact of modifying task constraints in short intervals of time seems to increase the diversity of motor behaviour, or propose changes in the environment that favour unusual behaviours, as has been observed in the studies in which the location of the goals was modified. Lastly, some of the tools proposed to assess creativity could be used in sports training, provided that the data could be obtained more automatically than has been collected in this thesis.

Therefore, we hope that this thesis will serve to better understand the creative phenomenon in football and in sport in general, also from the collective, dynamical and non-linear point of view.

Keywords: complexity, small-sided games, dynamic overlap, principal components analysis, Tucker's congruence coefficient, team sports, Unsupervised Machine Learning Methods.



ÍNDEX DE CONTINGUTS

AGRAÏMENTS	9
RESUM	13
RESUMEN	17
ABSTRACT	21
PRÒLEG	27

PART 1. Introducció	29
1.1. El futbol des de la complexitat	31
1.2. La creativitat. D'una visió tradicional a una visió aplicada a les ciències de l'esport	33
1.3. Formes de mesurar la creativitat	37
1.4. Com es pot millorar la creativitat	39
1.5. Objectius i estructura de la tesi	42

PART 2. Metodologia	45
2.1. Participants	46
2.2. Adquisició i preparació de les dades	46
2.3. Anàlisi de dades	49

PART 3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi	55
3.1. Estudi I. Effects of Temporary Numerical Imbalances on Collective Exploratory Behavior of Young and Professional Football Players	57
3.2. Estudi II. Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children	77
3.3. Estudi III. The diagonal positioning of the goals modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players	97
3.4. Estudi IV. Desarrollo y evaluación de la creatividad motriz en el fútbol: estado de la cuestión	115

PART 4. Discussió global dels resultats	141
4.1. Síntesi de les troballes principals, aportacions teòriques i metodològiques, i aplicacions pràctiques	142
4.2. Limitacions i perspectives de recerca futures	148

PART 5. Conclusions finals	153
-----------------------------------	------------

PART 6. Referències	161
----------------------------	------------



PRÒLEG

No va ser fins els 28 anys que vaig començar la meva experiència com entrenador de futbol. Aquell 2011, va ser el mateix any en què vaig començar la carrera d'INEFC. Aquesta inquietud de posar-me al capdavant d'un equip no va sorgir del no res, sinó que ja va emergir quan en el tercer any de juvenil vam guanyar la lliga amb el C.F. Gavà de manera espectacular.

Els coneixements assolits durant la carrera i els cursos d'entrenador em van servir per desenvolupar-me com entrenador de futbol i posar en pràctica moltes de les aptituds adquirides. Tot i això, quan veia els partits de futbol dels equips professionals d'alt nivell m'adonava que encara tenia molt per aprendre i, a la vegada, em preguntava què feia que aquest esport pogués masses arreu del món i despertés tantes passions. Un dels elements clau és la creativitat. Qualsevol aficionat/da al futbol de ben segur que es queda bocabadat en veure un recurs com l'"espaldinya". Mai oblidaré la que va fer en Ronaldinho amb el F.C. Barcelona, en front de l'Osasuna, la del Cristiano Ronaldo amb el Reial Madrid, contra la Reial Societat, la d'Zlatan Ibrahimovic amb el F.C. Barcelona, davant el Mallorca, o més recentment, l'executada per la flamant pilota d'or del F.C. Barcelona, Alèxia Putellas, que s'atrevia també amb aquest recurs tan vistós en el partit que enfrontava el seu equip en partit de lliga contra el Llevant aquest 2022.

En veure aquestes accions tan creatives, sempre pensava i penso que és una sort tenir esportistes així en el teu equip. Jugadors i jugadores capaços de marcar la diferència a nivell individual.

Amb el temps, he tingut l'oportunitat i la sort de dirigir equips de bones categories. Per exemple, fent tàndem com a segon entrenador a l'AEM de Lleida amb en Dani Torrijos la temporada 2020-2021 a la juvenil Preferent Catalana o ja com a primer entrenador del primer equip femení del C.F. Pardinyes, la temporada 2021-2022, a primera Nacional, la tercera categoria Espanyola. Principalment en aquestes temporades he tingut l'ocasió d'enfrontar-me a grans equips i, d'aquesta manera, observar els seus comportaments. En moltes ocasions podia admirar com els equips rivals de més categoria eren capaços de moure's i d'adaptar-se a l'entorn canviant, com si fos una dansa d'un estol de pardals, els quals s'auto-organitzen per assolir un objectiu comú. Aquesta dansa també l'he pogut veure al llarg dels anys en equips de les primeres divisions europees, com el Barça de Guardiola (2008 – 2011); el Milan de Sacchi (1987 – 1991); o el Barça de Cruyff (1988 - 1996). En veure aquest espectacle col·lectiu em preguntava fins a quin punt els comportaments eren fruit de l'entrenament, si eren patrons assajats o si, per altra banda, eren comportaments que emergien de la capacitat creativa del col·lectiu amb l'objectiu de ser el màxim d'imprevisibles pel rival, segurament de manera inconscient.

Per tot això, no vaig dubtar d'aprofitar l'oportunitat d'investigar sobre la creativitat en el futbol, de com mesurar-la i de com incentivar-la tant en joves aprenents com en amateurs. Aquesta tesi és el resultat d'aquesta investigació, i espero que serveixi per comprendre millor el fenomen creatiu en el futbol i en l'esport en general.



FUTBOL PARA

INTRODUCCIÓ

1.1. El futbol des de la complexitat

1.2. La creativitat. D'una visió tradicional a una visió aplicada a les ciències de l'esport

1.3. Formes de mesurar la creativitat

1.4. Objectius i estructura de la tesi

Part 1. Introducció

En els últims anys, la teoria de sistemes dinàmics no lineals (TSDN) i en general les teories sobre la complexitat han inspirat també la investigació en el futbol (Duarte, 2012; Lopez Felip, 2014; Pol, 2021; Ric, 2017; Silva, 2014). Això es va produir especialment a partir de la proposta teòrica anomenada *Coordination Dynamics* o Dinàmica Coordinativa (Kelso, 1995), la qual defineix, explica i prediu com es formen, s'adapten, persisteixen i canvien els patrons coordinatius dels éssers vius.

Aquesta proposta ha estudiat els comportaments dels éssers vius, fent-ho inicialment en contextos relacionats amb l'aprenentatge motor (Kelso, 1984) per arribar a contextos esportius (Araujo, Davids i Hristovski, 2006). L'interès que ha despertat, juntament amb el ressò mediàtic del futbol, han fet que els estudis en aquest esport basats en la Dinàmica Coordinativa siguin prolífics.

La TSDN, juntament amb algunes idees de la psicologia ecològica, permeten comprendre, com Ric (2017) ja apuntava, com diferents variables poden constrènyer els patrons de comportament dels sistemes neurobiològics (en aquest cas futbolistes) i també els d'aquests quan actuen en conjunt (equip/s).

S'han aportat evidències empíriques que han explicat la coordinació interpersonal en el futbol masculí (Duarte, 2012) i l'emergència de comportaments col·lectius a partir de la manipulació de constrenyiments (Silva, 2014; Travassos, Vilar, Araújo i McGarry, 2014). Tot i que en rugbi, també s'ha estudiat la dinàmica de comportament identificant paràmetres d'ordre i de control rellevants que permetessin descriure amb precisió el comportament del sistema en subfases específiques del joc (per exemple, 1 contra 1) (Passos et al., 2008). Això mateix es va fer en altres disciplines esportives com la vela, el criquet o la boxa (Araujo, Davids i Hristovski, 2006). Glazier, Davids i Bartlett (2003) també han utilitzat la TSDN per tal de modelar el rendiment esportiu i Davids, Glazier, Araújo i Bartlett (2003) defensen les eines de la TSDN per estudiar els sistemes en moviment, contradient els punts de vista tradicionals de la variabilitat com soroll o error. També s'ha utilitzat la TSDN amb idees de la psicologia ecològica per a entrenar gimnastes i desenvolupar-ne la creativitat (Vidal i Pereira, 2008).

En aquesta primera part de la tesi s'introdueixen els conceptes que ens ajuden a entendre el futbol com un fenomen complex, dinàmic i no lineal. En segon lloc, s'exposa el concepte de la creativitat, tal i com s'ha entès de manera tradicional, així com també des de la perspectiva que aborda aquesta tesi i que ens sembla la més adient per comprendre la creativitat motriu. En tercer lloc, es revisa de quines maneres s'ha mesurat fins ara la creativitat. En quart lloc, es fa un recull de com es podria entrenar la creativitat en els contextos esportius, concretament en el futbol. I, finalment, es detalla l'estructura, l'objectiu principal de la tesi i els objectius de cadascun dels articles.

1.1. EL FUTBOL DES DE LA COMPLEXITAT

Els éssers vius som sistemes complexos, els quals estan formats per altres sistemes (parts) que interactuen entre sí i que estan influenciats els uns pels altres. Som un sistema obert, ja que intercanviem energia, matèria i informació amb l'entorn; adaptatiu, perquè ens adaptem a l'entorn, és a dir, modifiquem els nostres comportaments o inclús característiques per adaptar-nos-hi; dinàmics, perquè ens adaptem a l'entorn a diferents escales temporals; i complexos, perquè estem compostos per moltes parts i aquestes es relacionen de forma dinàmica entre elles i molts cops de manera imprevisible (Bertalanffy, 1976).

Degut a la no linealitat i la complexitat d'un esport com el futbol, existeix força literatura (així com interès per part de molts equips tècnics) que utilitza la teoria dels sistemes dinàmics i la psicologia ecològica com a base teòrica dels estudis. En aquesta branca de la psicologia s'entén que organisme i entorn formen part d'un mateix sistema. A més, considera que no tot l'entorn és igual de significatiu per al subjecte, sinó que depèn de les possibilitats del mateix. Aquí pren importància el concepte d'*affordance*, que es defineix com aquella possibilitat per a actuar que ofereix l'entorn a l'organisme. També s'ha definit com invitació a l'acció (Withagen, De Poel, Araújo i Pepping, 2012). Per tant, el context és fonamental perquè emergeixin les accions que ens interessin en l'entrenament, i pot manipular-se com a estratègia metodològica.

Hi ha diferents propostes en l'entrenament que emfatitzen la manipulació de constreyniments per desenvolupar la perícia en el joc (Davids, Button i Bennet, 2008; Pol et al., 2020; Schöllhorn, Hegen i Davids, 2012). Els constreyniments són aquelles condicions límit que afecten als graus de llibertat d'un sistema indicant les trajectòries que prendrà en un futur i determinen la forma en què múltiples components d'un sistema complex s'auto-organitza (Torrents, 2022). Tot i considerar-se limitacions, la interacció de la multitud de constreyniments presents en qualsevol situació fan que la manipulació d'algun d'ells pugui provocar respostes noves i inusuals, que són justament les que ens interessin per desenvolupar la creativitat (Torrents et al. 2020).

Els constreyniments poden ser de l'organisme o la persona, de l'entorn o aquells que depenen de la interacció dels dos anteriors, denominats de la tasca. Els constreyniments de l'organisme corresponen a les característiques antropomètriques, la composició corporal, els estats d'ànim, o condició física, entre d'altres; els de l'entorn poden ser el clima (poc modificables), els objectes disponibles (manipulables), la família o les amistats (socioculturals), o les característiques del terreny de joc; i els constreyniments que depenen de la interacció dels dos anteriors, denominats de la tasca (Balague, Pol, Torrents, Ric i Hristovski, 2019; Newell, 1986), seran aquells relacionats amb les normes o instruccions a seguir (definides pel reglament, per l'equip tècnic o bé pels mateixos atletes). Caldrà tenir en compte que un constreyniment pot fer emergir un comportament a diferents escales temporals, segons el sistema sobre el qual actua. A més a més, no tindrà el mateix efecte un mateix constreyniment en dos o més sistemes diferents o, inclús, en el mateix sistema en moments diferents. La

Part 1. Introducció

manipulació dels constrenyiments poden fer fluctuar els sistemes i obligar-los a sortir de la conca d'atracció en la qual es troben de manera que canviïn d'estat i explorin nous comportaments.

Els sistemes complexos compartim diversos principis de comportament. En primer lloc la interacció entre les parts que componen un sistema dona lloc a l'emergència de comportaments. Aquesta emergència de comportaments és fruit de l'auto-organització del sistema i l'entorn, sense necessitat que un agent extern o intern al sistema dirigeixi o controli el procés. En segon lloc som sistemes no lineals, ja que som sistemes amb comportaments molt difícils de predir, una mateixa causa no sempre produirà el mateix efecte i el comportament serà molt difícil de calcular i de modelitzar. La tercera característica és l'existència d'atractors, entesos com aquells estats o patrons de comportament més estables d'un sistema, sempre i quan aquest no sigui pertorbat. Seran, per tant, comportaments o estats als quals un sistema tendeix. Per transitar d'un estat a un altre, el sistema passarà per moments d'inestabilitat. Quan un sistema transita d'un estat estable a un altre ens trobarem davant d'una bifurcació. A més, som sistemes que passem per estats metaestables, és a dir, que passem per estats d'inestabilitat a petita escala dins d'un estat més estable a una escala més gran.

Aquests patrons coordinatius que presenten més o menys estabilitat també apareixen durant la pràctica esportiva en general i concretament en el futbol. Aquest esport no deixa de ser una interacció constant entre esportistes d'un mateix equip, entre rivals o entre els sistemes d'un jugador o jugadora. Podríem afirmar, per tant, que el futbol és un sistema dinàmic complex.

La perspectiva de la dinàmica de coordinació (*Coordination Dynamics*), esmentada anteriorment, ens explica com les parts que conformen un sistema (intra i inter sistemes) es comuniquen a través d'un intercanvi mutu d'informació i aquesta informació és significativa i específica per les formes que pren la coordinació. La dinàmica de coordinació inclou tant les tendències espontànies d'auto-organització com la necessitat de guiar-les o dirigir-les de manera específica (Kelso, 2009).

Quan diferents elements estructurals (per exemple: neurones, músculs, articulacions, persones, jugadores, equips, etc.) es coordinen per actuar com una única unitat formen una sinèrgia. Aquestes sinèrgies poden sorgir a diferents nivells i contextos de l'organització biològica, des de la genètica, fins l'univers, passant per les societats. La hipòtesi de la dinàmica de coordinació és una hipòtesi de com la natura gestiona la complexitat biològica.

Aquests patrons coordinatius o sinèrgies són formes d'organització dels sistemes que poden sorgir de manera espontània, és a dir, que s'auto-organitzen per generar una sinèrgia sense tenir una ordre externa que els imposi la seva manera d'actuar ni un agent intern, sinó més aviat un conjunt de constrenyiments que possibiliten que el sistema es comporti amb un patró coordinatiu determinat (Gibson, 1979).

Una bona manera per fer emergir la creativitat a través de l'estimulació de patrons

de comportament flexibles, fluids i originals serà a través de la manipulació de constrenyiments.

En aquesta tesi, s'ha fet servir la modificació de constrenyiments en jocs reduïts (JRs) per tal de fer emergir la creativitat de futbolistes. En els darrers anys, molts estudis han demostrat com la manipulació de constrenyiments en els JRs pot provocar canvis en el comportament de jugadors i equips de futbol (Ometto et al., 2018) així com també s'ha mostrat com els constrenyiments en sistemes complexos adaptatius poden transformar les intervencions en contextos educatius esportius (Lacasa, 2022). Els JRs són tasques d'entrenament de format específic que tenen com objectiu reduir les interaccions i augmentar la proporció de jugadors que participen en el procés de presa de decisions, però mantenint les propietats bàsiques de variabilitat del joc (Aguar, Botelho, Lago, Maças i Sampaio, 2012; Davids et al., 2013). Sovint s'adopten com a simulacre d'entrenament de diferents esports d'equip, però la investigació sobre els JRs s'ha centrat especialment en el futbol (Coutinho et al., 2018; Folgado, Bravo, Pereira i Sampaio, 2018), i en menor mesura en el bàsquet (Sansone et al., 2018), rugbi (Vaz, João, Gomes, Gaspar i Figueira, 2019), futbol sala (Assunção, Coutinho i Travassos, 2019) i handbol (Iacono, Liakim i Eckel, 2015). Aquest tipus de jocs sovint simulen subfases de jocs del joc complet conservant la seva naturalesa inestable, dinàmica i impredecible (Gonçalves et al., 2016; Hristovski et al., 2013; Ric, Hristovski, et al., 2016) i reproduïxen els requisits físics i de comportament individual i col·lectiu de les situacions de joc reals, els partits.

Per tal de replicar aquestes exigències a la pràctica, els equips tècnics manipulen diversos constrenyiments de les tasques, com ara la mida i la forma del terreny de joc, l'encoratjament de l'entrenador, el nombre de jugadors implicats en cada equip (Silva, Travassos, et al., 2014), les regles del joc, la durada del joc i els períodes de descans, les pilotes disponibles o el mètode pel qual els jugadors poden anotar punts (Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri i Coutts, 2011). No obstant això, quasi no existia literatura sobre com la modificació d'aquest tipus de constrenyiments podia contribuir al desenvolupament de la creativitat en joves futbolistes, motius pels quals es va optar per estudiar-ho en aquesta tesi.

1.2. LA CREATIVITAT. D'UNA VISIÓ TRADICIONAL A UNA VISIÓ APLICADA A LES CIÈNCIES DE L'ESPORT

Les definicions de creativitat més utilitzades en la literatura fan referència a l'habilitat de comportar-se de manera divergent i a obtenir un comportament o un producte útil i original (Runco i Jaeger, 2012). Es descriuen tres components per analitzar la creativitat: la fluïdesa, la flexibilitat i l'originalitat (Guilford, 1967). A l'esport, la fluïdesa fa referència al nombre de respostes o solucions comportamentals que pot realitzar una persona o un equip quan s'exposa a un entorn canviant i que es donen en

Part 1. Introducció

un temps determinat. Per tant, com més extens sigui el nombre de comportaments que un equip pugui realitzar, més possibilitats d'èxit tindrà davant de qualsevol situació que se li plantegi. Quant a la flexibilitat, es defineix com la varietat del repertori comportamental, és a dir, com més flexibilitat de comportaments funcionals tingui una persona o un equip, més opcions tindrà per respondre de forma efectiva davant qualsevol context (Hristovski, Davids, Araújo i Passos, 2011; Richard, Lebeau, Becker, Inglis i Tenenbaum, 2018). En altres paraules, la flexibilitat és la capacitat que té un sistema per transitar d'un estat de comportament a un altre quan el context ho requereix i la fluïdesa faria referència a la rapidesa amb què el sistema fa aquestes transicions. Pel que fa a l'originalitat, aquesta representa la capacitat de generar solucions noves i úniques i, per tant, es pot relacionar amb com de rar o atípic és un comportament realitzat per una persona o equip (Hristovski et al., 2011).

Tradicionalment s'ha parlat de dos tipus de creativitat (Craft, 2003): la creativitat amb C majúscula (i.e. formes extremes d'originalitat, creació de productes únics, solucions talentoses, originals i que contribueixen al desenvolupament de la humanitat) i la creativitat amb c minúscula (i.e. la creativitat quotidiana que no té per què tenir com a resultat un producte concret). Kaufman i Beghetto (2009), com a alternativa a la dicotomia tradicional entre la C majúscula i la minúscula, van proposar una estructura de 4 nivells d'assoliment creatiu: la creativitat c mini, la creativitat c minúscula, la creativitat C Pro i la creativitat C majúscula. Aquests nivells no tenen un camí predeterminat d'inferiors a superiors, és a dir, no canvien d'una fase a una altra d'una manera ordenada. En l'esport, la creativitat c mini es pot definir com un descobriment o adaptació de tècniques conegudes a les pròpies limitacions personals. D'altra banda, la creativitat c minúscula es refereix a la creativitat que es pot observar en les interaccions entre atleta i entorn d'atletes no experts. En relació amb la creativitat C Pro, aquesta sí que es dona en un context expert i es defineix per patrons emergents que es donen en aquest context, on el desenvolupament de l'atleta a les demandes de l'entorn està representat per accions emergents altament qualificades, flexibles i integrades. Pel que fa a la creativitat C majúscula seria l'aparició de noves tècniques i formes de moviment que provenen de l'autocanalització de l'esportista, que sovint va en contra de les influències de l'entorn sociocultural (mestre, entrenadora, progenitors...) (Hristovski, Davids, Passos i Araújo, 2012). Un altre dels enfocaments més utilitzats per descriure els components que conformen la creativitat és el de les quatre pes: i) la persona creativa; ii) el producte o resultat; iii) el procés, i iv) el lloc, l'entorn o la pressió ambiental (Runco i Kim, 2018). Aquests quatre elements estan interrelacionats entre si i és aquesta interrelació la que en pot complicar la comprensió i la implementació i, per això, serà important comprendre'n les característiques per incentivar la creativitat en entorns esportius.

Cal destacar que la creativitat normalment s'ha vinculat al producte, és a dir, a un resultat visible (Walia, 2019). Però en esports com ara el futbol, l'acte creatiu es produeix durant el mateix joc, de forma improvisada. És a dir, en aquest tipus d'esports els comportaments de futbolistes i les coordinacions entre ells són part del producte, del resultat.

La consideració de la creativitat com un fenomen complex facilita la comprensió de com interactuen les variables presents en les situacions esportives perquè emergeixi un comportament diferent de l'habitual o nou. El marc de referència que més ha ajudat a desenvolupar aquesta perspectiva a l'àmbit motriu és el de la dinàmica de la coordinació o *Coordination Dynamics*, tal i com s'ha descrit anteriorment. El seu estudi ajuda a comprendre els principis i les lleis que provoquen l'emergència de comportaments sota constreyniments canviants (Balague, Torrents, Hristovski, Davids i Araújo, 2013). La manipulació d'aquests constreyniments pot afavorir que emergeixin comportaments més diversos o originals (Torrents, Ric i Hristovski, 2015).

Pol et al. (2020) i Hristovski i Balagué (2020) proposen el reemplaçament de l'enfocament clàssic en l'aprenentatge o adquisició d'habilitats i aptitud física per l'objectiu d'augmentar el potencial de diversitat i imprevisibilitat tant d'equips i atletes a través del desenvolupament de sinèrgies. Aquests autors afirmen que per crear atletes i equips aptes (i.e. més ben adaptats a l'entorn local i immediat) caldrà desenvolupar la diversitat a través de les sinèrgies que emergeixen de la manipulació estratègica dels constreyniments. Aquest desenvolupament se sustenta en la interdependència, el niament temporal i la causalitat circular dels constreyniments que actuen a diferents nivells i escales temporals, integrant totes les dimensions i nivells de rendiment d'una manera correlacionada. Aquests mateixos autors proposen que l'equip és la principal unitat formativa d'intervenció, que els agents tenen un paper coadaptatiu i que la tasca hauria de tenir un matís dinàmic de representativitat.

En aquest sentit, Hristovski i Balagué (2020) van proposar la teoria de la intel·ligència cooperativa-competitiva (ICC), la qual indica que una conducta intel·ligent és qualsevol comportament que no afavoreixi una disminució del potencial de diversitat funcional/imprevisibilitat (D/U) de l'equip o de l'individu. En altres paraules, el comportament intel·ligent és present quan el sistema s'evadeix o escapa de situacions de possibilitats disminuïdes d'acció funcional. Els autors basen la seva teoria en tres principis: (a) la relativitat de la informació entropia/funcional en sistemes d'agent (equip)-entorn, (b) tendència a un nivell satisfactori de potencial D/U i (c) tendència cap a un potencial D/U no decreixent. La conjunció d'aquests tres principis proporciona l'existència de comportaments subòptims associats a l'ICC. El primer principi sosté que la transició d'un potencial D/U no funcional a un funcional des de la perspectiva de l'esportista o de l'equip (perspectiva interna) representa l'obtenció d'informació integradora i una major certesa dins del sistema. Però, vist des de la perspectiva dels observadors externs (per exemple, des de l'oponent), representa un guany en entropia funcional o incertesa funcional. El segon principi explica que un comportament suficientment satisfactori es pot aconseguir per diferents elements a diferents nivells i aquest compliment s'observarà després de la realització d'una conducta. El sistema (atleta o equip) necessita tenir una variabilitat potencial de comportament suficient per poder adaptar-se a la variabilitat de l'entorn. El tercer principi estableix que el sistema tendeix a un potencial D/U funcional no decreixent, és a dir, el comportament de l'esportista o de l'equip sorgeix de la tendència a mantenir o augmentar el nivell satisfactori de potencial d'entropia funcional d'acció. Per tant, la conducta sorgeix de

Part 1. Introducció

la tendència a evitar la reducció addicional del potencial D/U funcional cada cop que hi ha una lleugera disminució (pertorbació) d'aquest potencial provocada per l'entorn o els oponents.

Aquest potencial D/U pot ser molt útil davant l'augment i millora de la informació que recapten els cossos tècnics dels equips rivals (Fardilha i Allen, 2020; Memmert, 2011), de manera que la importància de mostrar o desenvolupar conductes creatives en el futbol va en augment pel fet que, cada cop més, els cossos tècnics recapten més quantitat i qualitat d'informació del comportament d'un/a jugador/a o d'un equip rival. D'aquesta manera, s'espera que els i les futbolistes i equips siguin capaços de sorprendre els rivals i siguin impredecibles per als seus oponents, aconseguint així un avantatge. Alhora, caldrà que cooperin mostrant comportaments predictibles per als seus companys d'equip i així aconseguir coordinacions més eficients entre els components del sistema, és a dir, que els comportaments siguin més predictibles entre companys d'equip a través de la formació de sinèrgies. Per tant, com més gran i més desenvolupat sigui el potencial de diversitat funcional sinèrgica desenvolupat dins d'un equip, més possibilitats tindrà de superar al seu rival.

Òbviament, una manera d'augmentar aquest potencial D/U és a través del desenvolupament de la creativitat dels individus i dels equips, ja que hi haurà més diversitat de respostes i, en conseqüència, un comportament exploratori més ampli.

Tal i com veurem en els estudis que conformen aquesta tesi, la manipulació de constreyniments pot ajudar les persones a explorar altres possibilitats d'acció que, fins aleshores, possiblement, eren desconegudes o menys freqüents (Canton et al., 2022). Diferents estudis han analitzat com la manipulació de constreyniments de la tasca pot augmentar la creativitat, especialment en relació amb la diversitat de respostes o l'anomenat comportament exploratori (Ric, Hristovski, et al., 2016; Torrents, Ensenyat, Ric, Mateu i Hristovski, 2018; Torrents et al., 2016). Aquest es defineix com la quantitat i la diversitat d'accions coordinatives que pot executar un sistema en un temps i un espai determinats sota uns constreyniments de la tasca concrets. Per tant, el comportament exploratori serà diferent per a cada sistema en cada situació, ja que cada sistema tindrà la seva pròpia interacció amb l'entorn i els constreyniments presents a la tasca (a partir de Hristovski et al., 2011). Per exemple, en una tasca aplicada al futbol, si prenem com a referència l'amplitud de l'equip -entesa com la distància que separa els jugadors que estan més lateralitzats al terreny de joc en cada moment temporal- podrem estudiar el comportament exploratori de l'equip en relació amb aquesta variable tenint en compte el conjunt de totes les distàncies possibles que es donen al llarg d'una sèrie temporal. Sota aquests constreyniments que apareixen en contextos d'entrenament o competitiu emergiran diferents possibilitats d'acció (affordances) (Seifert, 2019; Withagen et al., 2012).

Tradicionalment, es distingeix entre el comportament tècnic i la creativitat tàctica o comportament tàctic. Al llarg del desenvolupament d'aquesta tesi es pren com a referència l'enfocament de la creativitat i del comportament dels esportistes o equips des de la perspectiva dels sistemes complexos. Per això, des del nostre enfocament

no ens semblen pertinents les definicions habituals de tècnica o tàctica, i prenem com a referència les dinàmiques coordinatives a diferents nivells. Per tant, la tècnica serà l'emergència d'un comportament després de la coordinació d'unes estructures corporals determinades. I la tàctica serà un comportament col·lectiu, però, en aquest cas, fruit de la coordinació de diferents futbolistes. Tot i així, és possible que aquests termes apareguin al llarg del document quan es faci una referència textual a determinats estudis.

1.3. FORMES DE MESURAR LA CREATIVITAT

Després de definir la creativitat i contextualitzar-la en el futbol veiem la importància que té el seu desenvolupament en aquest esport. Tot i això, el seu mesurament i avaluació entranya certa dificultat degut, sobretot, als components que la formen i, també, a que aquesta en un esport com el futbol pot ser individual o col·lectiva.

Tradicionalment, la literatura sobre creativitat s'ha centrat en estudiar el pensament creatiu, tal i com es pot observar en la definició més estesa, que la descriu com "l'aptitud del pensament divergent" (Guilford, 1950) o com la capacitat per percebre un problema, cercar solucions, dibuixar hipòtesis, avaluar-les i comunicar-ne els resultats (Torrance, 1969). Aquestes definicions són insuficients per explicar com es produeix l'acte motor creatiu degut a que se centra en processos cognitius i lineals relacionats amb la capacitat de pensar o imaginar i no aporten informació dels processos d'auto-organització i interacció amb l'entorn (Torrents et al., 2020).

Des d'una altra perspectiva, Memmert i Roth (2007) fan referència a la creativitat tàctica, considerant que, a partir de l'ús de senyals visuals i de coneixements, els jugadors i les jugadores poden recopilar una varietat d'idees per triar la millor solució (Memmert, 2015a). Per tant, s'entén el comportament de manera seqüencial i lineal (Tenenbaum, 2003). Sostentat en aquesta base teòrica s'han desenvolupat diferents eines per avaluar el procés de presa de decisions creatives a través de l'observació de vídeos, en la qual els propis atletes s'imaginen a ells mateixos realitzant una acció i nomenar les solucions possibles a aquesta acció per, a continuació, els experts esportius analitzar les respostes en funció de la fluïdesa, flexibilitat i originalitat (Memmert, 2015a). Com que són solucions verbals a problemes motrius s'ha creat l'observació de situacions de joc que involucren un component tàctic (Memmert, 2010). En aquest cas, seran els experts esportius els qui, amb l'ús d'una escala preestablerta, establiran els criteris d'originalitat i flexibilitat dels comportaments (Memmert, 2015b). Un altre tipus d'anàlisi de la presa de decisions durant tasques creatives específiques del futbol ha estat a través del registre del moviment ocular juntament amb informes verbals de pensaments (Roca, Ford i Memmert, 2018).

Considerant que aquestes tècniques no tenen en compte l'entorn ni les condicions en què es produeixen els fenòmens, en aquesta tesi s'han considerat altres tècniques per avaluar la creativitat, i també altres eines d'anàlisi de dades. Aquest és el cas de

Part 1. Introducció

la hierarchical Principal Components Analysis (hPCA) i el Principal Components Anàlisi (PCA) o l'anàlisi del coeficient de Tucker. Pel que fa als hPCA, la qual consisteix en reduir grans quantitats de dades, consisteix en realitzar un PCA del primer grup de dades per tal de reduir-ne el nombre per obtenir, d'aquesta manera, uns PCs de primer ordre. A continuació, se seguirà aquest procés fins arribar al PC de major ordre. Estudis com el de Ric, Torrents, Gonçalves, Sampaio i Hristovski (2016) van utilitzar aquesta tècnica i van mostrar com es modifica el comportament d'un equip després de rebre un gol.

L'anàlisi del coeficient de congruència de Tucker determina el nivell de similitud entre els components que es decideixi, per exemple, entre tots els components de primer nivell, entre nivells intermedis o entre els components de major nivell (Lorenzo-Seva i Ten Berge, 2006). Els seus valors oscil·len entre -1 i 1, la qual cosa significa que com més proper sigui un resultat a -1 o a 1, més congruència hi haurà entre components i , en canvi, com més proper a 0, la congruència serà més baixa. Les puntuacions més grans de .75 es poden considerar de semblança clara, entre .70 i .75 es poden considerar importants de ressaltar i menys de .60 no es considera la similitud.

Aquest coeficient s'ha utilitzat en un dels articles que conformen aquesta tesi (Canton et al., 2020) per valorar la creativitat en el futbol, ja que aquest mesura el nivell de similitud entre patrons de joc i, per tant, s'ha relacionat amb com d'atípic o originals són els patrons coordinatius.

Altres tècniques de mesurament no lineals que s'han utilitzat per estudiar el comportament tàctic en el futbol, per mesurar la predicibilitat i la sincronització dels comportaments són l'entropia aproximada (ApEn), l'entropia mostral (SampEn) o l'entropia de Shannon (ShannonEn), les quals examinen senyals temporals de periodicitat o patrons de repetibilitat (Low et al., 2019; Rico-González, Pino-Ortega, Nakamura, Moura i Los Arcos, 2020). Aquestes tècniques d'anàlisi no lineals guarden relació amb el nivell d'estabilitat/inestabilitat, ordre/desordre o rigidesa/flexibilitat en els patrons de comportament dels equips de futbol, és a dir, mesuren la predictibilitat i sincronització de variables de comportament col·lectives (Low et al., 2019).

L'ApEn és una eina estadística no lineal que determina la complexitat d'un sistema quantificant la regularitat d'una sèrie temporal i proporciona informació sobre l'estructura de la variabilitat, és a dir, de la regularitat amb què es produeixen determinats patrons de variació en una sèrie temporal (Pincus, 1991). En la investigació sobre el futbol s'ha utilitzat per avaluar la regularitat en diferents variables de sèries temporals, com distàncies dels jugadors al centroide, distàncies entre els centroides de dos equips o la distància de cada jugador a l'oponent més proper (Gonçalves, Marcelino, Torres-Ronda, Torrents i Sampaio, 2016). Anteriorment, també s'ha utilitzat per identificar la regularitat en els patrons de moviment dels jugadors (Gonçalves, Figueira, Maçãs i Sampaio, 2014; Sampaio, Lago, Gonçalves, Maçãs i Leite, 2014; Vilar et al., 2012). Els resultats d'ApEn oscil·len entre 0 i 2 (unitats arbitràries) i els valors més baixos representen seqüències de punts de dades més repetibles, regulars i predictibles. En un sentit funcional, els valors d'ApEn més baixos poden indicar un patró regular i

previsible més alt en les variacions dels moviments respecte al posicionament dels jugadors i viceversa.

Richman i Moorman (2000) van trobar que els valors d'ApEn tendien a ser més baixos del que s'esperava per a conjunts de dades curts. Per a resoldre aquest fet, van desenvolupar la SampEn, trobant més fiabilitat per a conjunts de dades curts, essent menys sensible als canvis en la longitud de les dades. En relació a aquesta segona mesura d'anàlisi, Silva, Duarte, et al. (2014) van analitzar mitjançant SampEn la incertesa dels valors de la distància interpersonal durant els JRs de futbol, concretament la distància a l'oponent més proper, és a dir, l'entropia de la distància jugador-oponent. Per altra banda, Barnabé, Volossovitch, Duarte, Ferreira i Davids (2016) van mesurar la predictibilitat de la longitud de l'equip, l'amplada i l'índex d'estirament.

Pel que fa a la ShannonEn, Silva, Aguiar, et al. (2014) i Silva et al. (2015) van demostrar que aquesta mesura es pot utilitzar per quantificar la variabilitat del moviment d'un jugador de futbol en un terreny de joc durant els JRs. Els valors grans indiquen la cobertura irregular i extensa dels moviments de camp d'un jugador, mentre que els valors més baixos indiquen una tendència a romandre previsiblement en una àrea restringida.

1.4. COM ES POT MILLORAR LA CREATIVITAT

Des de la perspectiva de la complexitat, s'han estudiat diferents maneres per entrenar la creativitat en el futbol. Per exemple, hi ha investigacions sobre l'entrenament d'accions tècniques aïllades a través de l'aprenentatge diferencial (*Differential Learning*) (Santos et al., 2018; Schöllhorn et al., 2012), sobre comportaments creatius que emergeixen durant els JRs (Torrents et al., 2016) i relacionades amb partits a 11 (Ric, Canton, et al., 2017; Ric, Torrents, et al., 2016).

Tal i com es descriu en el quart article que conforma aquesta tesi, la literatura ha emfatitzat especialment propostes basades en la recerca clàssica de la creativitat, com els estudis de Memmert (2010, 2015a, 2015b; Memmert i Roth, 2007) per desenvolupar l'anomenada creativitat tàctica. L'autor suggereix que, amb la finalitat de promoure un comportament més creatiu, és preferible que la iniciació estigui basada en la diversificació i en pràctiques no excessivament estructurades.

Sota un marc de referència més alineat amb aquesta tesi, existeix la proposta de Santos, Memmert, Sampaio i Leite (2016) anomenada *Creativity Developmental Framework* (CDF), que pretén crear una proposta de progressió per desenvolupar la creativitat en totes les etapes de la formació esportiva. Es proposen 4 estadis progressius que combinen la utilització de la diversificació i l'especialització, el desenvolupament de la *Physical literacy*, els conceptes de la *Nonlinear Pedagogy*, el *Teaching Games for Understanding*, el *Differential Learning* i el pensament creatiu. La utilització de totes aquestes propostes metodològiques ha donat bons resultats en un primer estudi preliminar (Santos, Jimenez, Sampaio i Leite, 2017).

Part 1. Introducció

Rasmussen, Glăveanu i Østergaard (2020) consideren que hi ha una manca de recerca sobre com els equips tècnics perceben i apliquen les activitats que fomenten la creativitat i com això afecta el procés creatiu. Per això, van estudiar les condicions personals i culturals que permeten o obstrueixen el disseny i l'aplicació d'exercicis creatius per facilitar l'exploració de potencials d'acció nous per part dels jugadors de futbol juvenil d'elit.

Per desenvolupar la creativitat, es poden utilitzar les metodologies anomenades anteriorment o d'altres que dissenyi l'equip tècnic a partir de la modificació de constreyniments, encara que el canvi fonamental serà la transformació del paradigma en què es basa l'entrenament. De fet, des d'aquesta perspectiva es suggereix que els responsables del disseny de les tasques d'entrenament no haurien de ser exclusivament els membres de l'equip tècnic, sinó que haurien de co-dissenyar-se entre aquests i els i les esportistes (Pol et al., 2020). En aquesta tesi, no es proposa cap mètode en concret ni s'experimenta amb les propostes esmentades anteriorment, sinó que es parteix del marc de referència de la complexitat per observar com la modificació de certs constreyniments poden facilitar l'emergència de comportaments més diversos. Aquestes modificacions seran més o menys apropiades o funcionals, però no seran vàlides o invàlides per a qualsevol escenari. La manipulació de constreyniments de la tasca serà part de les múltiples decisions que es poden prendre per desenvolupar la creativitat dels equips esportius, no menys important que la necessitat de compartir aquest objectiu entre els diferents components del club (jugadores o jugadors, tècnics, persones de la directiva...), o el disseny d'entorns que siguin suficientment innovadors o que suposin un repte per als equips (Torrents, Balagué, Hristovski, Almarcha i Kelso, 2021). Serà clau, també, l'aproximació que es faci en el disseny de les tasques, decantant-nos cap a una concepció més complexa i no tant tradicional per tal de desenvolupar la creativitat. Per a tal fi, a la **taula 1** es comparen els termes que s'han utilitzat des d'una aproximació tradicional amb una aproximació des de les ciències de la complexitat entre principis teòrics i metodològics. Val la pena assenyalar que, a la pràctica, probablement existeixen molt pocs programes que es basin exclusivament en una d'aquestes aproximacions i sovint molts es troben entremig. La proposta que es fa en aquesta tesi no pretén fomentar que no s'utilitzin cap de les aplicacions pràctiques que han sorgit de l'aproximació tradicional, sinó que la concepció d'atletes i equips es faci des de l'aproximació que ens han aportat les ciències de la complexitat i que, a partir d'ella, se'n derivin les aplicacions pràctiques. A més, a la **taula 2**, a partir de la recerca que s'ha fet en aquesta tesi, es fa un contrast entre una aproximació tradicional i una de complexa entre principis de la creativitat.

1.4. Com es pot millorar la creativitat

TAULA 1 | Contrast entre aproximacions tradicional i complexa entre principis teòrics i metodològics

Aproximació	Tradicional	Complexitat
Concepció de l'esportista	Màquina	Sistema Complex Adaptatiu
Concepció de l'esport	Entitat estàtica	Entitat dinàmica
Aproximació científica	Teoria Control Cibernètic	Teoria dels Sistemes Dinàmics
Relació entre components	Lineals causa-efecte	Interaccions dinàmiques no-lineals
Control	Programes interns/externs	Emergència espontània de sinèrgies
Organització	Dissenyada externament	Auto-organització
Propietats adaptatives	Homeòstasi	Reorganització sinèrgies, degeneració, pleiotropia
Objectiu d'entrenament	Maximitzar atributs rendiment	Satisfer el potencial de diversitat/impredictibilitat
Periodització	Fixa. Descontextualitzada. Pre-programada	Sensible a la contextualització
Entrenament d'habilitats, condicionament físic	Basat en la prescripció	Basat en la dependència niada i la circularitat dels constrenyiments
Rol de l'EFE	Prescriu solucions	Co-descobreix amb el seu alumnat/client/participant
Avaluació	Fragmentada	Holística/Competencial/Autèntica
Feedback	Prescriptiu. Ajustar-se a una tècnica ideal	Exploració. Feedback augmentat. Adaptabilitat
Tasques entrenament	No-representatives (a través de descomposició)	Alt nivell de representativitat (a través de simplificació de la tasca) i més enllà de la mateixa.
Pla entrenament a curt termini	Basat en solucions estereotipades de rendiment i plantilles de moviment	Basat en l'exploració de contextos de rendiment representatius
Participant	Executa	Co-dissenyador del procés

Font: Adaptat de Training or synergizing? Contrast of theoretical principles; Training or synergizing? Contrast of methodological principles (Pol et al., 2020), i de Principios comúnmente ignorados (teóricos y metodológicos) por EFD en los Diseños de sus Intervenciones (Lacasa, 2022).

Part 1. Introducció

TAULA 2 | Contrast entre aproximacions tradicional i complexa entre principis de la creativitat

Aproximació a la creativitat	Tradicional	Complexitat
Components	Fluïdesa / Flexibilitat / Originalitat	Potencial diversitat/ impredecibilitat
Emergeix de	Pensament	Interacció organisme-entorn
Interacció pensament i acció	Procés cognitiu lineal / processament seqüencial de la informació	Procés no lineal / Processament <i>on line</i> de la informació
Vinculació de la creativitat amb l'aprenentatge i l'acte creatiu	El producte	El procés i el producte
Moment de desenvolupament	Desenvolupament en jugadors experts	En tot moment, des de la iniciació, explorar possibilitats d'acció en entorns diversos
Avaluació de	El pensament i la presa de decisions descontextualitzades	Comportament en el context real de joc
Eines d'anàlisi	Lineals o basades en la descripció verbal	Eines no lineals o basades en l'observació del comportament

Font: Elaboració pròpia.

Si utilitzem el marc de referència que descriu aquesta tesi, el desenvolupament de la creativitat hauria de ser inherent a qualsevol proposta específica, ja que l'objectiu serà precisament l'augment del potencial de diversitat i imprevisibilitat. La manipulació de constrenyiments tindrà en compte la seva interdependència i nidificació en diferents nivells i escales. L'individu està format per sistemes que necessiten presentar diversitat i adaptabilitat, com l'equip, que està format per individus que també requereixen aquestes característiques.

1.5. OBJECTIUS I ESTRUCTURA DE LA TESI

La tesi té dos objectius principals:

Estudiar com la **modificació de constrenyiments** de la tasca pot **afavorir el desenvolupament de la creativitat motriu** en el futbol masculí en diferents edats, nivells i categories. Concretament, estudiar els efectes de la modificació del nombre d'oponents i companys en diferents intervals de temps, i la ubicació de la posició reglamentària de les porteries.

Explorar l'ús de diferents **eines d'anàlisi** per **avaluar la creativitat motriu** tenint en compte el seu comportament complex i no lineal i el comportament col·lectiu de l'equip.

Un total de tres articles originals publicats en revistes indexades a l'ISI web of knowledge i un en revisió constitueixen el cos principal d'aquesta tesi, dels quals se'n deriven quatre objectius específics:

Objectiu estudi 1: Explorar com l'ús de desequilibris numèrics temporals en JRs afecten el comportament exploratori de diferents equips de futbol en diferents categories d'edat. Corresponent a l'article titulat "Effects of temporary numerical imbalances on collective exploratory behavior of young and professional football players", publicat a *Movement Science and Sport Psychology*, una secció de la revista *Frontiers in Psychology*.

Objectiu estudi 2: Analitzar els efectes del canvi de posició de les porteries sobre el comportament exploratori i els patrons de comportament realitzats per un equip de futbol infantil. Pertanyent a l'article titulat "Exploratory behavior and the temporal structure of soccer Small-Sided Games to evaluate creativity in children", publicat a la revista *Creativity Research Journal*.

Objectiu estudi 3: Avaluar com la col·locació de les porteries en diferents posicions del terreny de joc modifica la càrrega externa i el comportament dels equips formats per joves futbolistes durant els JRs. Corresponent a l'article titulat "The diagonal positioning of the goals modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players", publicat a la revista *Biology of Sport*.

Objectiu estudi 4: Mostrar l'estat de la qüestió en la literatura científica en relació amb el desenvolupament i l'avaluació de la creativitat motriu en el futbol, posant especial èmfasi en la investigació centrada en una visió complexa del comportament motor. Pertanyent a l'article titulat "Desarrollo y evaluación de la creatividad motriz en el fútbol: estado de la cuestión", en segona revisió a la revista *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*.

En la segona part de la tesi s'explica el mètode utilitzat per assolir aquests objectius. En la tercera part es presenten els 4 articles que conformen la tesi. En la quarta part es presenta la discussió general dels resultats obtinguts en els quatre estudis, algunes aportacions teòriques i metodològiques a tenir en compte, un apartat d'aplicacions pràctiques i un altre de les limitacions i futures línies de recerca.

A la cinquena part es presenten les conclusions de la tesi.

Finalment, s'inclou el llistat de referències que podem trobar als capítols 1, 2, 4 i 5.



SPORTS

METODOLOGIA

2.1. Participants

2.2. Adquisició i preparació de les dades

2.3. Anàlisi de dades

2.1. PARTICIPANTS

Els participants que van prendre part en cadascun dels estudis d'aquesta tesi es presenten a continuació. En tots els estudis els jugadors van ser informats dels procediments, requisits, beneficis i riscos de la recerca. Es va obtenir un consentiment informat abans de l'inici de l'estudi dels pares, mares o d'un representant legal i la recerca va ser aprovada pel Comitè d'ètica d'investigacions clíniques de l'administració esportiva de Catalunya (nº d'expedient 09-2018-CEICGC) i estava conforme amb les recomanacions de la Declaració de Hèlsinki.

Els participants en l'estudi 1 van ser 30 jugadors de futbol, 15 dels quals eren de categoria sots-23 (edat: 19.9 ± 1.6 anys) i els altres 15 van ser jugadors de categoria sots-15 (edat: 13.8 ± 0.4 anys). Cadascun dels grups d'edat es va establir de forma homogènia ja que jugaven en el mateix equip i categoria. El grup de la categoria sots-23 jugava a la tercera divisió espanyola de futbol, mentre que el grup de menys de 15 anys jugava a la Divisió d'Honor, la qual és el nivell més alt a nivell de lliga espanyola de futbol per a aquest grup d'edat.

Els participants de l'estudi 2 i 3 van ser 22 jugadors de futbol d'edat inferior a 12 anys (11.3 ± 0.8). Els jugadors formaven part d'una escola de futbol d'alt nivell i tots ells tenien més d'un any d'experiència en aquesta escola (3.13 ± 1.5). Els porters van participar en les diferents situacions però van ser exclosos de l'anàlisi de dades. En el moment de dur a terme l'estudi, l'equip tenia una freqüència de tres dies d'entrenament setmanals i un partit de 60 minuts el cap de setmana entre equips de la mateixa escola.

L'estudi 4 és una revisió narrativa i, per tant, no es va fer ús de participants en aquest estudi.

2.2. ADQUISICIÓ I PREPARACIÓ DE LES DADES

Les dades de la posició dels jugadors es van obtenir mitjançant l'ús de dispositius GPS. Per a l'estudi 1 van ser 15 dispositius GPS a 5 herzos (Hz) (SPI ProX, GPSports, Canberra, ACT, Austràlia). Per als estudis 2 i 3 van ser 20 dispositius GPS a 10 Hz (WIMU PROTM, RealTrack Systems, Almeria, Espanya).

Les variables de posicionament dels equips que es van utilitzar en els tres estudis es van determinar mitjançant coordenades de latitud i longitud i van ser diferents per a cada un d'ells. Les dades van ser processades mitjançant rutines dedicades de Matlab® (MathWorks, Inc., MA, Estats Units) (vegeu les directrius suggerides per Folgado, Duarte, Fernandes i Sampaio, 2014).

Per a l'estudi 1 les variables utilitzades van ser: ubicació del centroide geomètric de l'equip als sectors i passadissos del camp, la velocitat del centroide, la longitud i l'amplada de l'equip i la velocitat de propagació.

2.1. Participants

Per a l'estudi 2 les variables utilitzades van ser: la longitud i l'amplada de l'equip, la ubicació del centroide geomètric de l'equip en sectors i passadissos del camp, la velocitat del centroide, la velocitat de propagació i l'angle de moviment del centroide. Les vuit variables derivades del posicionament recollides per a cada equip es van discretitzar en diverses categories cadascuna. Sis d'ells (és a dir, llargada i amplada de l'equip, sector i corredor, velocitat del centroide i la seva distància a la pròpia porteria) es van dividir en sis categories. Tanmateix, l'angle del centroide es va dividir en vuit categories i la velocitat de propagació en quatre categories per obtenir resultats més finament relacionats amb aquestes variables. Per a cada finestra de .1 segons, es va definir un vector binari de 56 components que representava l'estat de configuració complet atribuint un valor d'1 per a les categories actives i 0 per a les inactives. Això significava que cada estat de configuració estava definit per 7 categories actives (1) i 49 inactives (0). Els equips van realitzar un joc de 5 minuts, de manera que en total cada joc va reunir 3000 vectors de dades. Això va permetre la formació d'una matriu binària (booleana) de 56×3000 .

Per a l'estudi 3 es van establir dos tipus de variables: les individuals i les col·lectives. Pel que fa a les variables individuals aquestes van ser: càrrega externa expressada com a distància total recorreguda tant en fase ofensiva com defensiva, distància recorreguda en diferents zones de velocitat, velocitat mitjana, coeficient de variació de velocitat, l'índex d'exploració espacial (SEI) i l'índex de complexitat del MSE dels desplaçaments d'amplada i longitud; quant a les variables tàctiques van ser: durada de la possessió, amplada i llargada de l'equip, i la relació entre aquestes (*length per width ratio* - LPWR), tant en la fase ofensiva com defensiva, així com el seu coeficient de variació.

El SEI es va quantificar calculant la distància de cada sèrie temporal de posicionament a la posició mitjana i després calculant el valor mitjà de totes les distàncies obtingudes. El SEI es considera una variable nova que explica les diferències a l'hora d'explorar el terreny de joc per part dels jugadors segons els escenaris de joc dissenyats, on els valors més alts es podrien associar amb jugadors que cobreixen més espai durant les situacions de joc.

Per obtenir una visió de la complexitat integrada associada als diferents JRs, l'índex de complexitat es va calcular a partir de la MSE aplicada a les sèries temporals posicionals dels equips. L'anàlisi MSE es va utilitzar per quantificar el nivell de regularitat de les dades posicionals en diverses escales de temps a cada JR. El mètode MSE integra un procediment detallat a l'algoritme SampEn per calcular els valors d'entropia en un rang de diferents escales de temps, i es va realitzar segons estudis existents. Proporciona una visió de les fluctuacions d'aquestes dinàmiques de bloc a bloc. L'algoritme MSE executa 20 blocs de 3.000 punts de dades per joc (adquisició de $5 \text{ min} \times 25 \text{ Hz}$). La SampEn es va calcular en escales de temps des de blocs de 15 segons (escala de temps 20, 3.000 punts/20 finestres), fins als 5 minuts sencers (3.000 punts) del partit. Per obtenir la complexitat global associada als JRs, es va calcular l'àrea sota les corbes MSE i es va presentar com a índex de complexitat.

Part 2. Metodologia

A més, en l'estudi 3, es va utilitzar el *software* Lince (Gabin, Camerino, Anguera i Castañer, 2012) per a determinar la posició de la pilota. D'aquesta manera, després d'entrellaçar la posició de la pilota i la posició dels jugadors podíem saber quin equip tenia la possessió de la pilota.

A la **taula 3** es presenta un resum de les variables utilitzades amb la respectiva descripció. La selecció d'aquestes variables es va decidir a partir de les possibilitats dels instruments que disposàvem per a la recollida de dades, els WIMU, la literatura existent i la valoració entre els autors dels articles, entre els quals hi ha experts de màxim reconeixement internacional en l'anàlisi de dades posicionals en el futbol.

TAULA 3 | Variables utilitzades en els estudis que conformen aquesta tesi i la seva descripció

Variable	Descripció
Centroide geomètric	El centroide és el centre geomètric de les posicions mitjanes dels jugadors de camp d'un equip
Velocitat del centroide	Velocitat del centroide en m/s
Longitud	Distància entre el jugador més endarrerit i el més avançat en el terreny de joc (coordenada x)
Amplada	Distància entre els jugadors més laterals a cada costat del camp (coordenada y)
Velocitat d'estirament/escurçament	Velocitat d'expansió o contracció mitjana de les distàncies entre cada jugador i el centroide de l'equip
Velocitat de propagació	Velocitat de canvi de l'índex d'estirament/escurçament
Ubicació del centroide geomètric	Ubicació del centroide després de dividir el terreny de joc en diferents zones (altures) i carrils.
Angle de desplaçament del centroide	Angle que descriu el centroide al llarg del seu desplaçament (dividit en 8 categories).
Distància recorreguda a diferents velocitats	Distàncies recorregudes caminant, trotant i corrent.
Ritme de joc	Velocitat mitjana per jugador en Km/h.
Coeficient de variació del ritme de joc	Coeficient de variació de la velocitat mitjana descrita per cada jugador.
Índex d'exploració espacial	Distància entre el posicionament d'un jugador en cada sèrie temporal i la posició mitjana, calculant després el valor mitjà de totes les distàncies obtingudes.
Índex d'Entropia Multiescala	Quantifica el nivell de regularitat en les dades posicionals al llarg de múltiples escales temporals.

Font: Elaboració pròpia.

2.3. ANÀLISI DE DADES

Es va fer ús de diferents tipus d'anàlisis de les dades per entendre diferents fenòmens que es produeixen en els JRs.

2.3.1. Anàlisi de superposició dinàmica $qd(t)$ (Dynamic overlap)

Una de les anàlisis que es van fer (estudis 1 i 2) va ser el *Dynamic Overlap* o paràmetre de superposició dinàmica. Aquesta mesura s'utilitza per quantificar la diversitat de patrons de comportament a diferents escales temporals. És un paràmetre que informa sobre l'amplitud (q_{stat}) i la velocitat d'exploració (α) d'un sistema i es calcula segons la següent equació, que es deriva per a sistemes amb una estructura jeràrquica complicada (Sibani i Dall, 2003). q_{stat} és el valor asimptòtic (estacionari) del *Dynamic Overlap*, t és l'escala temporal, alfa (α) és l'exponent dinàmic (pendent de la corba).

La superposició dinàmica mitjana es va ajustar segons la següent equació:

$$\langle qd(t) \rangle = (1 - q_{stat}) t^{-\alpha} + q_{stat} \quad (1)$$

A partir de la crítica a les investigacions que separen l'acció motriu de la generació d'idees, ha crescut l'interès per utilitzar tècniques més noves que s'estan començant a fer servir per mesurar la predictibilitat i que generalment mesuren patrons d'un comportament, ja sigui individual o col·lectiu. Es pot trobar un ampli ventall d'estudis que han fet servir aquestes tècniques d'anàlisi no lineal per mesurar la predictibilitat en comportaments col·lectius que es donen al futbol usant dades posicionals (veure Low et al., 2019 per a una revisió). Algunes d'aquestes tècniques són: *Approximate entropy*, *sample entropy*, *Shannon entropy*, *Multiscale Entropy*, o *Dynamic Overlap*. Cal esmentar que cap valora l'originalitat d'un comportament, però sí que podem relacionar-ho amb una part important de la creativitat.

L'anomenat *Dynamic Overlap* s'ha utilitzat per mesurar la fluïdesa i la flexibilitat del comportament motor (Hristovski et al., 2013). Torrents, Hristovski, i Balagué (2013) van ser els predecessors a utilitzar aquesta tècnica per mesurar el comportament exploratori en una pràctica col·lectiva prenent com a referència treballs previs en què aquesta es va aplicar en esports individuals (Hristovski, Davids, Araújo i Button, 2006).

Específicament en futbol, s'ha fet servir el *Dynamic Overlap* per quantificar el comportament exploratori en futbolistes segons si es manipulava l'espai d'interacció dels jugadors (Ric, Torrents, et al., 2017) o el nombre de jugadors (Canton et al., 2019; Ric et al., 2016; Ric, Hristovski i Torrents, 2015; Ric et al., 2017; Torrents et al., 2016). En aquesta tesi el *Dynamic Overlap* s'ha fet servir per mesurar la creativitat en futbol en modificar la posició de les porteries (Canton et al., 2020). Aquesta eina té en consideració dos components i condicions necessàries de la creativitat, com són:

Part 2. Metodologia

l'amplitud de respostes variades que produeix un sistema (flexibilitat) i el ritme de canvi (fluïdesa).

El *Dynamic Overlap* també s'ha utilitzat per aportar informació sobre l'escala temporal en què el comportament exploratori se satura i facilita la possibilitat d'identificar la similitud de configuracions d'acció a diferents escales temporals. D'aquesta manera, es poden prioritzar tasques canviants que no permetin a futbolistes caure en una mena de zona de confort (atractor) i així promoure un flux constant de comportaments canviants. Això ajudarà a esportistes i equips a experimentar un ventall més ampli de possibilitats d'acció, perquè el dia de partit puguin afrontar la realitat del joc amb més garanties.

A més, el *Dynamic Overlap* aporta informació sobre la similitud mitjana dels patrons de joc que es donen a escales temporals incrementals. Per tant, també aporta informació sobre la fluïdesa d'un comportament, és a dir, sobre el nombre de respostes que es donen en una tasca. Permet també identificar el comportament exploratori tant individual com a col·lectiu. La clau per determinar com és un comportament i com varia al llarg del temps seran les variables que s'escullen per mesurar-lo. Aquesta mesura captura la similitud mitjana dels patrons de joc en escales temporals incrementals. Per tant, permet detectar la ràtio (α) i l'amplitud (q_{stat}) del comportament exploratori a diferents escales temporals (vegeu l'equació 1 per consultar la fórmula). q_{stat} és el valor asimptòtic (estacionari) del *Dynamic Overlap*, t és l'escala temporal, alfa és l'exponent dinàmic (pendent de la corba). q_{stat} mesura l'amplitud exploratòria d'un comportament a llarg termini, mentre que α mesura la ràtio d'exploració. Per exemple, si una jugadora o un equip es comporta de manera molt variada tindrà una amplitud exploratòria més gran que un equip o jugadora amb un comportament més estable. Numèricament, això es pot observar de manera que, si un comportament és molt estable, els resultats són més propers a 1. Per contra, si es dona un ventall ampli de comportaments al llarg d'una tasca o un partit, els resultats s'aproparan més a 0. Per exemple, en un dels estudis que conformen aquesta tesi (Canton et al., 2019) es va canviar el nombre de jugadors en un JR cada minut per a jugadors de categories sots-23 i sots-15, i es va observar que, per als jugadors del grup sots-23, el valor mitjà de q_{stat} va disminuir mitjançant l'ús de desequilibris numèrics temporals, amb un augment de l'amplitud exploratòria. Quant a la ràtio d'exploració (α), aquesta va mostrar efectes poc clars per a les dues situacions. Per al grup d'edat sots-15, el valor mitjà de q_{stat} va disminuir poc clarament d'una situació en equilibri numèric a una altra en desequilibri, però el ritme d'exploració sí que es va veure reduït.

Ric (2017) va donar a conèixer quatre perfils resultat de diferents combinacions que es poden donar entre els paràmetres α i q_{stat} i que es descriuen a continuació: “perfil a: valor q_{stat} alt i valor α baix: significa que el jugador explora una regió reduïda dins del ventall de possibilitats de comportaments a realitzar i desenvolupa configuracions similars (accions, zones, context, distàncies, velocitats, etc.) de manera més perllongada en el temps; perfil b: valors α i q_{stat} alts, això significa que el jugador canvia ràpidament de configuració de moviment, però no explora un gran conjunt de configuracions diferents; perfil c: valors α i q_{stat} baixos, això s'associa amb un

canvi lent de comportaments, però, a llarg termini, una exploració d'un conjunt ampli de configuracions de moviment; i perfil d:valor q_{stat} baix i valor α alt, aquest perfil s'associa amb canvis ràpids a les configuracions de moviment i amb l'exploració d'un ampli ventall de comportaments a llarg termini" (Ric, 2017, p.98). A la **figura 1** es presenta un possible perfil de comportament d'un equip de futbol durant un JR.

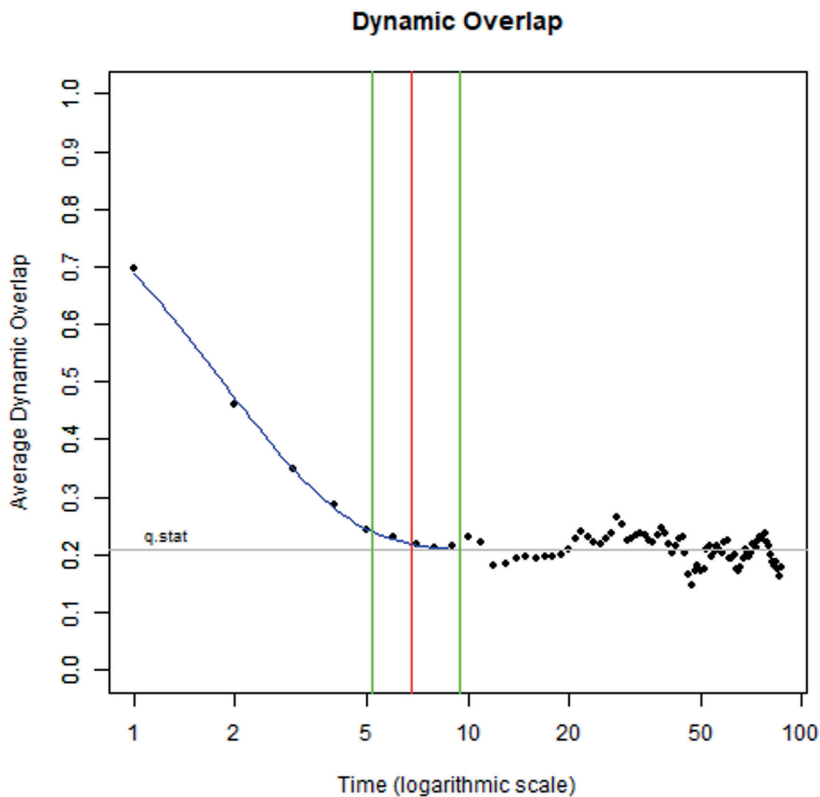


FIGURA 1 | Exemple d'un perfil de la superposició dinàmica $\langle q_d(t) \rangle$ per a distàncies de temps incrementals definits pels paràmetres alfa i q_{stat} . La seva dinàmica evoluciona en escales temporals diferents (de segons a diversos minuts) i no convergeix a 0 (comportament aleatori) durant el període d'observació.

2.3.2. Anàlisi de Components Principals (Principal Component Analysis) i Anàlisi Jeràrquic de Components Principals (hierarchical Principal Component Analysis)

Paral·lelament, l'anàlisi de Components Principals i la seva jerarquia (PCA i hPCA) i el coeficient de Tucker s'han fet servir per avaluar l'originalitat, raresa i atipicitat dels comportaments que s'originen a nivell col·lectiu en una determinada tasca, sobretot en els JRs en futbol.

La tècnica del PCA és un mètode estadístic multivariat proposat per analitzar patrons coordinatius de moviment de grans dimensions (Daffertshofer, Lamoth, Meijer i Beek, 2004; Forner-Cordero, Levin, Li i Swinnen, 2005). Aquest mètode consisteix a reduir la mida de grans conjunts de dades per obtenir un nombre més reduït de components subjacents que expliquin la major part de la variància i que resumeixin la informació de les variables originals (Ric, Torrents, et al., 2016).

Part 2. Metodologia

La tècnica del PCA s'ha utilitzat per capturar la variabilitat posicional de futbolistes (Barros, Cunha, Magalhaes i Guimarães, 2006). A més, Moura et al. (2015) van utilitzar aquest mètode aplicant-ho a la posició mitjana al camp de cada jugador per obtenir l'organització col·lectiva durant partits de futbol. Torrents et al. (2016) van utilitzar la tècnica de PCA en JRs per analitzar patrons coordinatius quan es juga en superioritat o inferioritat de jugadors. Amb el mateix propòsit, en un dels articles que conformen la tesi (Canton et al., 2020) es va usar també aquesta tècnica en situacions en què es va canviar la ubicació de les porteries sobre el terreny de joc en un JR.

També es va fer un PCA en l'estudi 2. Primer es va realitzar un PCA dels vectors temporals per a cada situació, obtenint així un cert nombre de PC de primer nivell per a cada situació. A continuació, es van unir tots aquests PC de primer nivell per situació, i per obtenir un PC de nivell superior per situació, es va tornar a fer una anàlisi de PC, obtenint els factors de puntuació de cada situació. També es va realitzar un hPCA per determinar quins eren els PC d'ordre més alt per a cadascuna de les situacions analitzades.

La PCA es va realitzar a les matrius binàries multivariants inicials (56 categories x 3000 configuracions ordenades per temps) (Joliffe, 2002) utilitzant la rotació *promax* (obliqua) com el mètode més ràpid per processar grans conjunts de dades (Hendrickson i White, 1964). El nombre de PC significatius es va determinar pel criteri que tracta com a significatius aquells que acumulen $\geq 80\%$ de la variància explicada. Aquestes variables es van seleccionar a més com a PC més significatives (Fabrigar, Wegener, MacCallum i Strahan, 1999).

2.3.3. Anàlisi del coeficient de congruència de Tucker

El coeficient de congruència de Tucker és útil per avaluar com de semblants són els patrons de comportament i, per tant, com d'atípics o originals són entre ells. Aquest coeficient determina tant el nivell de similitud entre els components de primer nivell com els de més alt nivell i és la mesura de similitud del cosinus de Salton aplicada als PC (Lorenzo-Seva i Ten Berge, 2006). Els seus valors oscil·len entre -1 i 1 , la qual cosa significa que com més a prop estigui el factor de puntuació d' 1 o -1 , més congruència hi ha entre els dos PC comparats i, com més proper a 0 , menys congruència. Les puntuacions dels factors superiors a $.75$ es poden considerar com a semblança clara, entre $.70$ i $.75$ es pot considerar com important per destacar i inferior a $.60$ no caldria considerar la similitud del factor. Aquest coeficient s'ha utilitzat en diversos estudis amb la finalitat de comparar l'estructura dels PC. Per exemple, Balague et al. (2016) el van utilitzar per comparar els PC extrets abans i després de l'entrenament i després del període de desentrenament per tal d'avaluar la coordinació cardiorespiratòria en estudiants d'educació física. Aquest coeficient també s'ha utilitzat per identificar els patrons col·lectius que identifiquen els equips durant partits de futbol (Ric, Torrents, et al., 2016) o en JR en futbol (Canton et al., 2017).

2.3.4. Inferències Basades en la Magnitud (MBI)

En l'estudi 1 i 3 es va fer ús de l'anàlisi estadístic d'inferències basades en la magnitud (*Magnitude-Based Inferences*, MBI per les seves sigles en anglès).

Les inferències basades en la magnitud i la precisió de l'estimació es van aplicar a l'anàlisi inferencial a causa de la mostra baixa (Batterham i Hopkins, 2006). Abans de la comparació de condicions, totes les variables processades es van transformar logarítmicament per reduir el biaix de la manca d'uniformitat d'error.

Es va realitzar una anàlisi descriptiva utilitzant mitjanes i desviacions estàndard per a cada variable. Les diferències de mitjanes entre escenaris es van expressar en unitats percentuals amb límits de confiança (CL) del 90%. Es va informar que l'efecte no estava clar si el CL es solapava amb els líndars dels canvis més valuosos, que es van calcular a partir de les unitats estandarditzades multiplicades per .2. Les magnituds dels efectes clars es van descriure segons l'escala següent: 25–75%, possiblement; 75–95%, probablement; 95–99%, molt probable; > 99%, molt probablement (Hopkins, Marshall, Batterham i Hanin, 2009). Les comparacions entre escenaris de joc es van avaluar mitjançant diferències mitjanes estandarditzades amb intervals de confiança del 90% (Hopkins et al., 2009). Els líndars per a les estadístiques de mida de l'efecte eren .2, trivials; .6, petit; 1.2, moderat; 2.0, gran; i > 2.0, molt gran (Hopkins et al., 2009)

2.3.5. Anàlisis complementàries

En els estudis 2 i 3 les dades es van avaluar per valors atípics i hipòtesis de normalitat mitjançant la prova de Shapiro-Wilk. A partir de la normalitat de les dades, es va utilitzar una anàlisi de variància de mesures repetides per comparar els tres escenaris. L'anàlisi estadística es va dur a terme amb el programa SPSS i en totes les proves estadístiques de significació es va fixar un valor $p \leq .05$.

Tradicionalment, s'han fet inferències declarant el valor estadísticament significatiu o no significatiu sobre la base d'un valor p derivat d'una prova d'hipòtesi nul·la. Aquest enfocament de vegades pot ser confús i pot induir a error depenent, per exemple, de la mida de la mostra. La prova de significació d'hipòtesi nul·la en algunes ocasions ha estat criticada perquè els resultats es mostren estadísticament significatius però no rellevants, però, tot i no ser estadísticament significatius, sí que poden ser rellevants (Batterham i Hopkins, 2006).

Com que la recerca en l'àmbit de la ciència de l'esport es realitza amb freqüència amb un nombre relativament reduït d'individus i normalment interessa saber si l'efecte trobat a la mostra d'individus també s'aplica a un grup més gran, s'ha utilitzat en una gran quantitat d'estudis el mètode desenvolupat per Batterham i Hopkins (2006), les MBI. Amb la finalitat de complementar la informació del valor p i saber l'efecte de la mostra a un grup reduït d'individus, en aquesta tesi s'ha utilitzat també l'anàlisi estadístic MBI.



3 T B A P

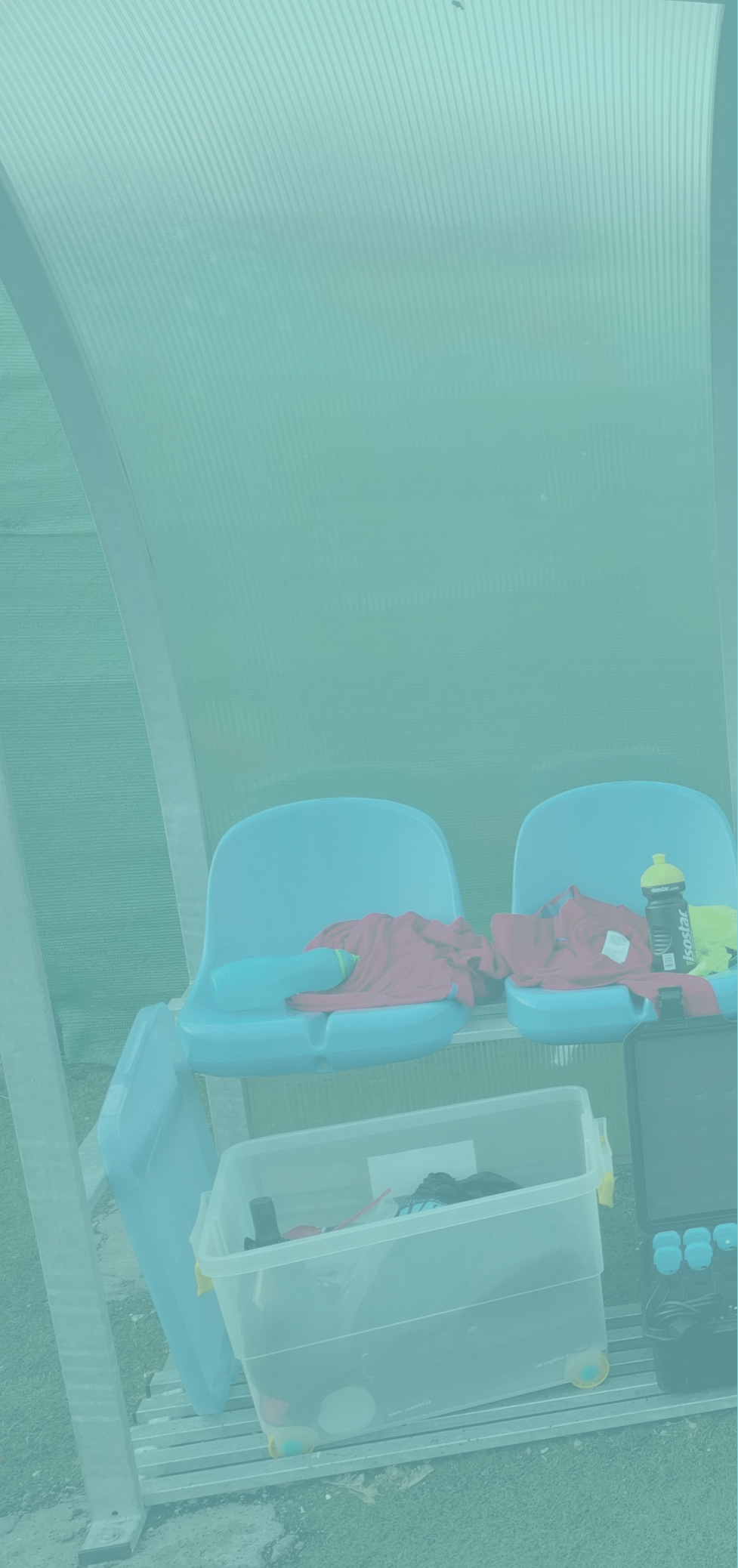
ARTICLES PUBLICATS O ACCEPTATS QUE CONSTITUEIXEN LA TESI

3.1. Estudi I. Effects of Temporary Numerical Imbalances on Collective Exploratory Behavior of Young and Professional Football Players.

3.2. Estudi II. Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children.

3.3. Estudi III. The diagonal positioning of the goals modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players.

3.4. Estudi IV. Desarrollo y evaluación de la creatividad motriz en el fútbol: estado de la cuestión



Effects of Temporary Numerical Imbalances on Collective Exploratory Behavior of Young and Professional Football Players

Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Gonçalves, B., Sampaio, J., & Hristovski, R. (2019). Effects of Temporary Numerical Imbalances on Collective Exploratory Behavior of Young and Professional Football Players. *Frontiers in Psychology*, 10, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01968>



Effects of Temporary Numerical Imbalances on Collective Exploratory Behavior of Young and Professional Football Players

Albert Canton^{1*}, Carlota Torrents¹, Angel Ric¹, Bruno Gonçalves², Jaime Sampaio² and Robert Hristovski³

¹ National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Lleida (UdL), Lleida, Spain

² Research Centre in Sports Sciences, Health Sciences and Human Development, CIDESD, CreativeLab Research Community, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

³ Faculty of Physical Education, Sport and Health, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia

The aim of this study was to explore how the use of temporary numerical imbalances during small-sided Game SSGs affects team's exploratory behaviors (i.e., variety and quantity of responses given in an ever-changing game context and its rate of change) in different age groups. Two different age groups (under-15 and under-23) of football players participated in the study. For each age group, three teams of five players played six small-sided games of 5 min duration in different conditions: (i) numerical balance (GK + 4 vs. 4 + GK); (ii) temporary numerical imbalance, which consisted of a numerical change of teammates and opponents every one minute. Latitude and longitude GPS coordinates were used to determine the positioning-derived variables. The dynamic overlap (i.e. the measure of average similarity of the game patterns that take place in increasingly larger time intervals) was used to provide information of the rate and breadth of exploratory behavior. The results revealed that the long-term exploratory breadth increased for the under-23 age group. Non-clear effects were found for the short-term rate of exploration, but with an increasing trend. In the under-15 group, the exploratory behavior was more likely to increase in the long term. The increase for the short-term rate of exploration was unclear, but it follows an increasing trend. These results suggest that the use of temporary numerical imbalances could offer coaches more dynamic training situations and different adaptive training environments similar to matches.

Keywords: tactical behavior, small-sided games, dynamic overlap, complex systems, state space

INTRODUCTION

During a game of a team sport, different dynamic interpersonal coordination movements arise between the players and the environment. These team coordination movements can be captured from positioning-derived variables (i.e., from GPS/LPS or optical technology) that describe the coordinative patterns of a team in response to the set of game constraints (Ric et al., 2016). The most frequent team-related variables, resulting from the dynamic player's positional data, used to reveal the tactical pattern of a football team and to define its tactical behavior and exploratory behavior are: player's positioning in sectors and corridors of the field (Travassos et al., 2014), geometrical center of the team (Duarte et al., 2012), geometrical center of the team's sectors (Gonçalves et al., 2013), team width and length (Frencken et al., 2011; Folgado et al., 2012) and spread rate, that is, the speed of change of the stretch index (STI) (Bourbousson et al., 2010). The STI is a tactical metric related to the spaces of play, which tries to understand the defensive principle of contraction (concentration of players) and the offensive principle of expansion (width and length), in the longitudinal and lateral axes that take place during a match or small-sided Game (SSG) due to the collective tactical behavior of the players of a team (Bourbousson et al., 2010; Clemente et al., 2013). These positioning-derived variables can be used to reveal the effect of relevant constraints on collective tactical behaviors during full and SSGs (Duarte et al., 2013; Gonçalves et al., 2016 b).

A major aspect for the observation of game play is the configuration of play

approach and its ever-changing shape, particularly via periods of contraction and expansion, and its dynamical position on the field (Gréhaigne and Godbout, 2014; Gonçalves et al., 2018). These game situations seem to be in symbiosis and one succeeds the other. It can help players to elucidate and anticipate the movement in the game and take right decisions (Gréhaigne and Godbout, 2014). In this sense, it seems reasonable to think that as found by Bourbousson et al. (2010) the STI of each team will present a bi-stable attraction in the longitudinal direction (while one team is in open space play in the opponent field the opponent team is in retreat close to their goal). The combination of two or more of these team variables would allow us to depict the state space of a team, where the high values define unstable coordinative states while the minimum values define highly stable coordinative states (Ric et al., 2017). For example, the STI and the distance of the centroid to the own goal (DCG) determine a pattern of interaction between two confronted teams (Gréhaigne and Godbout, 2014).

Exploratory behavior has been defined as a "subsequent realization of a large number of movement configurations which reveals the hierarchical action landscape under specific constraints of each performer" (Hristovski et al., 2011, p. 187) or team. Exploratory practice of unusual training environments may promote a varied and flexible behavior, so that performers learn to be more adaptive and, at the same time, more creative (Santos et al., 2018). Consequently, exploratory behavior seems to be important in collective sports because they are based on the improvisation and interaction between performers within

the changing environment (Hristovski et al., 2012) and because it offers discovery of perception action solutions to the emergent tasks. There are some actions that are more likely to be repeated than others under the players/team and environmental interaction. In football, for example, this could be achieved by manipulating key tasks to direct the search of the apprentices so that they find effective coordination solutions (Davids et al., 2005), whether individual or collective. Thanks to the manipulation of tasks by the coach, the performers are encouraged to discover the answer to a task for themselves, without the need for the performer to receive instructions, orders or an exact list of those things that must be done (Hristovski et al., 2011).

In recent years, many studies have shown how the manipulation of constraints in SSGs can cause changes in individual and collective tactical behavior (Ometto et al., 2018). SSGs are specific format training tasks with the goal of reducing interactions and increasing the proportion of players who participate in the decision-making process, but keeping basic variability properties from the game (Aguiar et al., 2012; Davids et al., 2013). They are often adopted as a training drill used by coaches of different team sports, but the research into SSGs has focused particularly on football (Folgado et al., 2018; Coutinho et al., 2019), and to a lesser extent on basketball (Sansone et al., 2018), rugby (Vaz et al., 2019), futsal (Assunção et al., 2019) and handball (Iacono et al., 2015). These kind of games often simulate sub-phases of full-sided games preserving their unstable, dynamic and unpredictable nature (Hristovski et al., 2013; Gonçalves et al., 2016a; Ric et al., 2016) and they often reproduce the physical, technical and tactical (Bach

Padilha et al., 2017) requirements of real match play (Aguiar et al., 2012). In order to replicate these demands in practice, various task constraints are manipulated by coaches, such as the pitch size and shape, the encouragement of the coach, the number of players involved in each team (Silva et al., 2014), the specific rules of the game, the duration of the game and rest periods, the available balls or the method by which players can score points (Hill-Haas et al., 2011). To describe the movements made by athletes during competition (Castellano and Casamichana, 2014) or to monitor different training tasks (Aughey, 2011), collective sports have applied the use of GPS technology (Castellano and Casamichana, 2014). Positional data has also allowed it to be demonstrated that during a football match, local and temporary numerical imbalances appear (Vilar et al., 2013). The numerical imbalances have been widely studied in recent years (Sampaio et al., 2014; Gonçalves et al., 2016b; Torrents et al., 2016). However, no research has evaluated the effects of the temporary manipulation of constraints during training. To train this kind of situation, coaches make use of numerical imbalances or joker players in SSGs (Ric et al., 2015), which are extra players placed internally or externally to the playing space, who can be fixed during the whole of the training drill or temporary. Their role is important insofar as it constrains the game by forcing the other players to adapt to the new game contexts (Ric et al., 2015).

To our knowledge, no research has evaluated the effects of temporary numerical imbalances on team exploratory behavior, as suggested by Ric et al. (2015, 2016). Thus, the aim of this study was to explore how the use of

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

temporary numerical imbalances in SSGs affects the exploratory breadth of a team in different age categories.

MATERIALS AND METHODS

Participants

The participants in the study were 30 male football players, of which 15 of them were under the age of 23 years old (age: 19.9 ± 1.6 years) and the other 15 were under the age of 15 year old (age: 13.8 ± 0.4 years). Each age groups were homogenous because they played in the same team and category (Under 23 group: Spanish 3rd division; under 15 group: División de Honor, top level of the Spanish football league system of that age). An informed and written consent was obtained from all adult participants and from the parents/legal guardians of all non-adult participants, before the beginning of the study. All participants were notified that they could withdraw from the study at any time. The investigation was approved by the local institutional Research Ethics Committee (CEIC Hospital Universitari Arnau de Vilanova) and it conformed to the recommendations of the Declaration of Helsinki.

Procedure

For each age group, three teams (A, B and C) of five football players (four outfielders and a goalkeeper) played six SSGs games against each other (first, A vs. B; secondly A vs. C; and finally B vs. C) in two different SSG formats: balanced and imbalanced. Balanced SSG

consisted of a fixed number of opponents (GK+ 4 vs. 4 + GK) during the whole 5 min game. Imbalanced SSG consisted of numerical change of opponents and teammates every minute after the first minute, as follows: minute one: 4 vs. 4; minute two: 5 vs. 4; minute three: 4 vs. 5; minute four: 6 vs. 4; and minute five: 4 vs. 6. The three teams were distributed taking into account several factors according to the coach's criteria, to ensure that the team's performances were comparable (Aguiar et al., 2013). To ensure an equal distribution of players based on the team positions, teams and the changes of players were made under the coach criteria. All SSG were played on a natural pitch measuring 40×45 m, and in accordance with the official rules of soccer, with three exceptions to allow continuous spontaneous interactions between teammates and opponents (Davids et al., 2013; Torrents et al., 2016): first, there was no off-side; second, when a team scored, the same team kept the ball and restarted the game with a goal kick; third, when a ball was thrown out of the field limits, the game was restarted with a goal kick by the goalkeeper of the opposing team. These three actions were taken because they are usual in football training and to increase the effective playing time. In order to maintain the rhythm of play and avoid the influence of fatigue, each game involved 5-min periods of play separated by 3-min of passive rest (Table 1). The current study should acknowledge the limitation that no data related to fatigue was collected. To increase the effective playing time, the non-playing footballers and coaches were placed next to the goal to supply a ball whenever the game needed to be restarted.

TABLE 1 | Data analysis for the SSG scenarios (Balanced and Imbalanced SSG) considering the variation in the number of opponents and teammates in the Temporary Numerical Imbalanced SSG.

Time	Min 1	Min 2	Min 3	Min 4	Min 5
Numerical balance	4 vs. 4	4 vs. 4	4 vs. 4	4 vs. 4	4 vs. 4
Temporary numerical imbalance	4 vs. 4	5 vs. 4	4 vs. 5	6 vs. 4	4 vs. 6

Data Collection

Data were gathered through the use of a 5 Hz non-differential global positioning system (SPI ProX, GPSports, Canberra, ACT, Australia). The team-related variables used were: location of team geometrical centroid in the sectors and corridors of the field, the centroid speed, the team length and width, and the spread rate (Table 2). To define the field sectors and corridors we divided the field in six parts, from back to front and from right to left, respectively (Fradua et al., 2013). The team length is the distance between the most backward and the most forward player (x-coordinate) and the team width is the distance between the most lateral players on each side of the field (y-coordinate) (Frencken et al., 2011; Folgado et al., 2014; Frias and Duarte, 2015; Castellano et al., 2016). The spread rate is the velocity of contraction or expansion and was calculated by differentiating each STI data point of the time series to the following one. All these variables were determined using latitude and longitude coordinates exported from the GPS units and computed using dedicated routines in Matlab® (MathWorks, Inc., MA, United States) (see the guidelines suggested by Folgado et al., 2014).

A two-step cluster analysis was performed to determine the boundary values of each positioning-derived variable (Ric et al., 2016). The data collected for each team produced configuration states derived from the 36 categories belonging to the six variables named above. Teams changed their states during the 5-min game, so in total each game gathered 1500 vectors of data. Every vector was defined as a 36-component binary vector representing the full configuration state, attributing a value of 1 for active categories and 0 for the inactive ones. This enabled the formation of a 36×1500 multivariate binary (Boolean) matrix.

Two other variables, the STI and the distance from the centroid to the goal, allowed us to depict the potential landscape of team behavior. The STI was calculated by computing the mean distance of each team member from the spatial center for that team (Bourbousson et al., 2010; Frias and Duarte, 2015). The centroid is the geometric center of the average positions of the outfield players from a team (Frencken et al., 2011, 2012; Clemente et al., 2013; Folgado et al., 2014; Aguiar et al., 2015; Rein and Memmert, 2016). These two variables were used to capture and provide relevant information about collective organization of teams.

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

Data Analysis

The dynamic overlap was computed to determine the dynamic properties of the game by defining these dynamics of either short or long-term exploration of player's movement patterns (Ric et al., 2016). Therefore, it informs about the rate and breadth of the exploratory behavior during the game at different time-scales (Torrents et al., 2015). The dynamic overlap $\langle qd^{(t)} \rangle$ was calculated as an average cosine auto-similarity between

configurations for increasing time lag (Hristovski et al., 2013).

The mean dynamic overlap was fitted by the following equation, which is derived for systems with an intricate hierarchical structure (Sibani and Dall, 2003):

$$\langle q_d(t) \rangle = (1 - q_{stat}) t^{-\alpha} + q_{stat}$$

Where $\langle qd^{(t)} \rangle$ is the known mean dynamic overlap, q_{stat} is the asymptotic

TABLE 2 | Data collected to assess the tactical pattern of each team, formed by 36 categories.

Variable	Categories
Sector (from right – 1 to left – 6)	0–7.5 m
	7.5–15 m
	15–22.5 m
	22.5–30 m
	30–37.5 m
	37.5–45 m
Corridor (from back – 1 to front – 6)	0–6.66 m
	6.66–13.33 m
	13.33–20 m
	20–26.66 m
	26.66–33.33 m
	33.33–40 m
Centroid Speed (m/s)	<-2
	-2 to -1
	-1 to 0
	0 to 1
	1 to 2
	>2
Team Length (m)	<4
	4 to 8
	8 to 12
	12 to 16
	16 to 20
	>20
Team Width (m)	<12
	12 to 16
	16 to 20
	20 to 24
	24 to 28
	>28
Speed of Spread Rate (m/s)	<-1
	-1 to -0.5
	0.5 to 0
	0 to 0.5
	0.5 to 1
	>1

value of the dynamic overlap (horizontal line of the curve which tends to infinity), t is the time lag, and α is the dynamic exponent (slope of the curve). q_{stat} detects the exploratory breadth of the team, and α the rate of exploration. Hence, the average dynamic overlap $\langle qd^{(t)} \rangle$, captures both the short- and long-term exploratory behavior of teams through the values of parameters α and q_{stat} , respectively.

The combination of the distance from the team geometrical centroid to the own goal and the STI allowed us to define the state space of the teams for each condition and age group. Time series of both variables were divided in twenty clusters each allowing us to define a total of 400 configuration states. To determine each configuration state, the time series were clustered from the minimum distance from the centroid to the own goal (<8 m) to the maximum (>34 m) with a range of two meters, and one meter for the stretch index, from the minimum value (<4 m) to the maximum (>12 m). Probabilities of each configuration state were calculated by dividing the frequency of occurrence of each configuration (n_i) by the total frequencies ($\rho_i = n_i/N$). The potential of each configuration state was calculated by the following equation (Balescu, 1975):

$$V_i = Q \ln(\rho_i/N)$$

Where Q is the standardized variance of the system assuming that noise is constant ($Q = 1$), and N is the total number of configurations.

Statistical Analysis

Magnitude-based inferences and precision of estimation were applied to the inferential analysis due to the low sample (Batterham and Hopkins, 2006).

Before the comparison of conditions (numerical balanced vs. temporary numerical imbalanced), all processed variables were log-transformed to reduce the bias from no uniformity of error. The variables used for the comparisons were the sector and corridor where the centroid was located (both from one to six), the speed of the centroid (m/s), the team length (m) and width (m), and the speed of spread rate (m/s). A descriptive analysis was performed using mean and standard deviations for each variable. Differences in means between scenarios were expressed in percentage units with 90% confidence limits (CL). The effect was reported as unclear if the CL overlapped the thresholds for smallest worthwhile changes, which were computed from the standardized units multiplied by 0.2. Magnitudes of clear effects were described according to the following scale: 25–75%, possibly; 75–95%, likely; 95–99%, very likely; > 99%, most likely (Hopkins et al., 2009). Also, the within-scenarios comparisons were assessed via standardized Cohen differences and respective 90% CL. Thresholds for effect sizes statistics were: 0.2, trivial; 0.6, small; 1.2, moderate; 2.0, large; > 2.0, very large (Hopkins et al., 2009).

RESULTS

Table 3 shows the results of α and q_{stat} values for numerical balanced and temporary numerical imbalanced conditions for each group of age and SSG condition. For the under ± 23 age group, the average value of q_{stat} most likely decreased (difference in means, %; $\pm 90\%$ CL: $-12.8; \pm 2.7\%$) by using temporary

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

TABLE 3 | Results of q_{stat} and α values for numerical balanced and temporary numerical imbalanced conditions for each age group.

Age group	Variable	Numerical Balance	Temporary Numerical imbalance	Difference in means (% , \pm 90%CL)	Chances for smaller/ similar/ greater	Uncertainty in the true differences	Standardized Cohen's d (% , \pm 90%CL)
U23 ($n = 6$)	q_{stat}	0.275 \pm 0.013	0.239 \pm 0.013	-12.8; \pm 2.7	100/0/0	most likely \downarrow	-2.32; \pm 0.52
	α	0.109 \pm 0.011	0.106 \pm 0.007	-2.3; \pm 11.4	54/21/25	unclear	-0.22; \pm 1.10
U15 ($n = 6$)	q_{stat}	0.285 \pm 0.048	0.264 \pm 0.037	-7.3; \pm 14.8	71/16/12	unclear	-0.45; \pm 0.95
	α	0.109 \pm 0.018	0.101 \pm 0.013	-6.4; \pm 4.8	88/11/1	likely \downarrow	-0.35; \pm 0.27

U, Under; CL, confidence limits; \uparrow , increase; \downarrow , decrease.

numerical imbalances (0.24 ± 0.01). The effect size was very large ($-2.32; \pm 0.52$) confirming the increase in the exploratory breadth. The rate of exploration (α) showed unclear effects for both situations. For the under - 15 age group, the average value of q_{stat} unclearly decreased ($-7.3; \pm 14,8\%$) by using temporary numerical imbalances from a balanced situation. The rate of exploration (α) reported that its average value would be likely reduced ($-6.4; \pm 4.8\%$) from a numerical balanced situation to a temporary numerical imbalanced situation, with a small effect size ($-0.35; \pm 0.27$).

The relationship between the STI and the DCG is represented in **Figure 1**. The green shaded areas represent the attractive tactical behavior when relating STI and DCG, corresponding to the probability of their occurrence. The darker areas depicted in red are areas that can only be reached when the system is heavily destabilized. The pattern of a team will change depending on both the age of the players and the use of temporary numerical imbalances.

In accordance with these results, potential landscapes of both age categories showed that the use of extra players each minute create a wider basin of attraction allowing them to explore a greater number of tactical behaviors (**Figure 1**).

Related to a specific team behavior, these potential landscapes inform of the mid-field, which is closer to its own goal in the under-15 age group than in the under-23 age group. In other words, it seems that the under-23 players are able to keep their opponents further from their own goal. On the opponent's mid-field, the same occurs in both age categories: the under-23 players cannot get as close to the opponent's goal as the under-15 players.

DISCUSSION

This study shows that the manipulation of the number of teammates and opponents at 1-min intervals promoted, in the under -15 years of age category, a slight increase in the exploratory behavior in both short- and long-term exploration breadth; while in the under -23 years of age category, the same constraint promoted an unclear increase in the short-term exploration, and a very large increase in the long-term.

By using extra players that enter and leave a game over 60 s, new environments (training tasks) were created over shorter timescales allowing teams to quickly explore all their available state space (i.e., whole set of

possible configuration of play). In that sense, it has been demonstrated that teams are able to adapt their behavior to perturbations of the environment (McGarry et al., 2002). Specifically, to real changing-game constraints in terms of local (interaction of few players) and temporary (manipulation of numerical task conditions on a shorter timescale) constraints (Vilar et al., 2013). Although in the present study the results did not show clear effects for the under -15 age group, professional teams increased their collective exploration.

According to these results, and in line with the suggestions of Ric et al. (2016), the use of temporary numerical imbalances in SSG seems to be justified if the objective of the coach is to promote a quick exploration of the whole variety of team behaviors. However, one must keep in mind that the age of the players can affect the exploration of the whole possibilities of action of the team (Almeida et al., 2016). Torrents et al. (2016) suggested that the easier a game situation is, the more regular and less varied play is promoted, and vice versa, the more difficult a scenario is, the more possible it is for the players to explore tactical actions to perform until a limit (too difficult scenarios would also promote a regular and less varied play). In line with this comment, we can consider that the temporary numerical imbalance situation carried out in the present study is a more difficult scenario for the players than a stable one, in terms of perception of the environment and when relating with varying numbers of teammates and opponents. It would explain why the exploratory behaviors are enhanced. In line with this, Vilar et al. (2014) concluded in a study where

they examined the effects of the variation of the number of players involved in football SSGs on different individual actions, that these variabilities in the number of teammates and opponents are learning environments that will allow players a major transferability from one situation (training) to another (real match), and help them to perceive better the information sources and perform better according to their capabilities. Furthermore, these imbalances may promote different collective actions such as the reduction of the team area of play when in inferiority or less commitment in maintaining a pre-structured strategical behavior when playing in superiority conditions (Sampaio et al., 2014), offering the coaches an applicable approach to regulate the players perception under certain conditions (Vilar et al., 2014).

Taking into account the results of the potential landscapes, in which seems to exist a pressure exerted by the teams in order not to allow the opponent to get close to their own goal, we generated an hypothesis from the results of Bourbousson et al. (2010) which consisted of finding two main configurations of play, one of these configurations consisted of a compact team when located in its own mid-field, while the other configuration consisted of an expanded team in the opponent's mid-field. Although our results do not concur with the Bourbousson et al. (2010) results, they are closer to the Moura et al. (2016) findings, which detected that when one team expands, the other team also does so, and vice versa.

Therefore, the use of this type of task constraint implies on the one hand changing the patterns of tactical

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

behavior and the exploratory dynamics of the players by experiencing dynamic training situations that simulate the intrinsic variability of the competitive environment (Pinder et al., 2012; Davids et al., 2013; Ric et al., 2015; Torrents et al., 2015) and, therefore, allow the player to better solve those imbalanced situations that locally take place during a real game (Vilar et al., 2013). On the other hand, it reveals the differentiated decision-making abilities that performers are constrained to develop under varying conditions (Ric et al., 2016).

It would be interesting to carry out future research that continues to investigate the use of temporary numerical imbalances during SSGs to see how they affect

the exploratory behavior of athletes in general and football players in particular and, if possible, comparing different age groups in order to help as many coaches as possible to create new training tasks that help them improve both the performance of their teams and their players. A concrete proposal is to perform different balanced and dynamic imbalanced training tasks in different age categories, but varying not only the number of players but also the field size to see how it modifies the tactical structure and the exploratory behavior of a team with the aim of elucidating which tasks are more prone to favor these two given variables. By creating tasks and generating different sub-tasks with different time constraints, these sub-tasks could be compared in

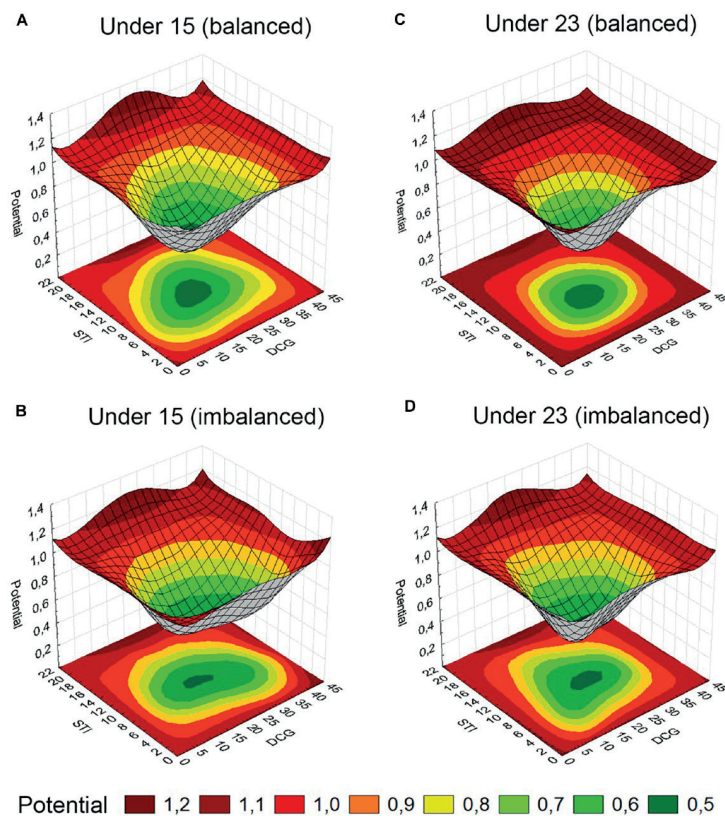


FIGURE 1 | Attractiveness regions for team stretch index-distance from the centroid to the own goal under (A) under-15 years old balanced game, (B) under-15 years old in temporary numerical imbalanced game, (C) under-23 years old balanced game, (D) under-23 years old in temporary numerical imbalanced game. The 3D deeper wells correspond to 2D-projected more attractive (i.e., more probable) areas.

different age categories to verify when the stationary state is achieved for each group of age. This would help coaches to choose more suitable tasks to favor the exploratory behavior of a team. Another future proposal is to compare how these time, size or numerical imbalance constraints affect different teams with different skill levels.

CONCLUSION

The use of temporary numerical imbalances at 1-min intervals promotes the exploratory behavior of football players. However, it occurs differently depending on the age of the players. Accordingly, higher values were found in the short-term exploratory breadth in the under –15 years of age category, while in the long-term exploratory breadth happened the opposite. Considering that imbalances appear in different zones of the field at different moments, we suggest to create and implement such training tasks for its representativeness of real game. Moreover, taking into account that it is a task that both, promotes the exploratory behavior and it's representative of what happens in a real match, it would be interesting to carry out this kind of activity in a learning context to guide learners to experience more game contexts that can later happen in the game. Thus, the findings of this study suggest that the use of temporary numerical imbalances will be useful for football players to perform more varied situations similar to real game. In this sense, we propose to perform future research in which other age categories and inter-team number imbalances are taken into account. Additionally, it would be of

interest to know as to whether throughout the 1-min time epochs, there were varying expressions of the six variables investigated at different time periods (i.e., did a period of adjustment exist as players re-familiarized with having a numerical advantage or disadvantage?) by considering the variables as time series.

DATA AVAILABILITY

The datasets generated for this study are available on request to the corresponding author.

ETHICS STATEMENT

All participants were informed about the research procedures; players under the age of 23 years old provided prior informed consent, while for the players under the age of 15 the prior informed consent was provided by a parent or a legally authorized representative. The local Institutional Research Ethics Committee approved the study, which also conformed to the recommendations of the Declaration of Helsinki.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

AC worked on the design of the study, collection, analysis, and interpretation of the data, and drafting of the manuscript. CT participated in the conceptualization and design of the study, and reviewed the content of the manuscript. AR participated in the conceptualization and design of the study, data collection, and

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

reviewed the content of the manuscript. BG worked on the data collection and reviewed the content of the manuscript. JS reviewed the content of the manuscript. RH conceived the approach to data analysis, data interpretation, and drafting of the manuscript. All authors approved the final version of the manuscript and agreed to be accountable for all aspects of the work.

FUNDING

This work was supported by the National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), Generalitat de Catalunya.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the coaches, the football players and specially Jose Luis Arjol from Real Zaragoza, S.A.D. who volunteered to participate in this study.

REFERENCES

- Aguiar, M., Botelho, G., Gonçalves, B., and Sampaio, J. (2013). Physiological responses and activity profiles of football small-sided games. *J. Strength Cond. Res.* 27, 1287–1294. doi: 10.1519/JSC.0b013e318267a35c
- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V., and Sampaio, J. (2012). A review on the effects of soccer small-sided games. *J. Hum. Kinet.* 33, 103–113. doi: 10.2478/v10078-012-0049-x
- Aguiar, M., Gonçalves, B., Botelho, G., Lemmink, K., and Sampaio, J. (2015). Footballers' movement behaviour during 2-, 3-, 4- and 5-a-side small-sided games. *J. Sports Sci.* 33, 1259–1266. doi: 10.1080/02640414.2015.1022571
- Almeida, C. H., Duarte, R., Volossovitch, A., and Ferreira, A. P. (2016). Scoring mode and age-related effects on youth soccer teams' defensive performance during small-sided games. *J. Sports Sci.* 34, 1355–1362. doi: 10.1080/02640414.2016.1150602
- Assunção, J. A., Coutinho, D., and Travassos, B. (2019). Pitch-size constraint in futsal learning. *Motricidade* 15, 140–140.
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 6, 295–310. doi: 10.1123/ijsp.6.3.295
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 6, 295–310. doi: 10.1123/ijsp.6.3.295
- Bach Padilha, M., Guilherme, J., Serra-Olivares, J., Roca, A., and Teoldo, I. (2017). The influence of floaters on players' tactical behaviour in small-sided and conditioned soccer games. *Int. J. Perform. Anal. Sport* 17, 721–736. doi: 10.1080/24748668.2017.1390723
- Balescu, R. (1975). *Equilibrium and Nonequilibrium Statistical Mechanics*. New York, NY: John Wiley & Sons
- Batterham, A. M., and Hopkins, W. G. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 1, 50–57. doi: 10.1123/ijsp.1.1.50
- Bourbousson, J., Sève, C., and McGarry, T. (2010). Space-time coordination dynamics in basketball: part 2. The interaction between the two teams. *J. Sports Sci.* 28, 349–358. doi: 10.1080/02640410903503640
- Castellano, J., and Casamichana, D.

- (2014). Deporte con dispositivos de posicionamiento global (GPS): aplicaciones y limitaciones. *Revista de Psicología Del Deporte* 23, 355–364.
- Castellano, J., Silva, P., Usabiaga, O., and Barreira, D. (2016). The influence of scoring targets and outer-floaters on attacking and defending team dispersion, shape and creation of space during small-sided soccer games. *J. Hum. Kinet.* 51, 153–163. doi: 10.1515/hukin-2015-0178
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, F. M. L., and Mendes, R. (2013). An online tactical metrics applied to football game. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.* 5, 1700–1719. doi: 10.19026/rjaset.5.4926
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Travassos, B., Abade, E., Wong, D. P., and Sampaio, J. (2019). Effects of pitch spatial references on players' positioning and physical performances during football small-sided games. *J. Sports Sci.* 37, 741–747. doi: 10.1080/02640414.2018.1523671
- Davids, K., Araújo, D., Correia, V., and Vilar, L. (2013). How small-sided and conditioned games enhance acquisition of movement and decision-making skills. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 41, 154–161. doi: 10.1097/jes.0b013e318292f3ec
- Davids, K., Araujo, D., and Shuttleworth, R. (2005). “Applications of dynamical systems theory to football,” in *Proceedings of the 5th World Congress on Science and Football*, (London), 537–550.
- Duarte, R., Araújo, D., Folgado, H., Esteves, P., Marques, P., and Davids, K. (2013). Capturing complex, non-linear team behaviours during competitive football performance. *J. Syst. Sci. Complex.* 26, 62–72. doi: 10.1007/s11424-013-2290-3
- Duarte, R., Araújo, D., Freire, L., Folgado, H., Fernandes, O., and Davids, K. (2012). Intra- and inter-group coordination patterns reveal collective behaviors of football players near the scoring zone. *Hum. Mov. Sci.* 31, 1639–1651. doi: 10.1016/j.humov.2012.03.001 doi: 10.1016/j.humov.2012.03.001
- Folgado, H., Bravo, J., Pereira, P., and Sampaio, J. (2018). Towards the use of multidimensional performance indicators in football small-sided games: the effects of pitch orientation. *J. Sports Sci.* 37, 1064–1071. doi: 10.1080/02640414.2018.1543834
- Folgado, H., Duarte, R., Fernandes, O., and Sampaio, J. (2014). Competing with lower level opponents decreases intra-team movement synchronization and time-motion demands during pre-season soccer matches. *PLoS one* 9:e97145. doi: 10.1371/journal.pone.0097145
- Folgado, H., Lemmink, K. A. P. M., Frencken, W., and Sampaio, J. (2012). Length, width and centroid distance as measures of teams tactical performance in youth football. *Eur. J. Sport Sci.* 14, S487–S492. doi: 10.1080/17461391.2012.730060
- Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, Ó, Iván Fernández-García, Á, Ruiz-Ruiz, C., and Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer: extrapolating pitch sizes from full-size professional matches. *J. Sports Sci.* 31, 573–581. doi: 10.1080/02640414.2012.746722
- Frencken, W., de Poel, H., Visscher, C., and Lemmink, K. (2012). Variability of inter-team distances associated with match events in elite-standard soccer. *J. Sports Sci.* 30, 1207–1213. doi: 10.1080/02640414.2012.703783

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

- Frencken, W., Lemmink, K., Delleman, N., and Visscher, C. (2011). Oscillations of centroid position and surface area of soccer teams in small-sided games. *Eur. J. Sport Sci. 11*, 215–223. doi: 10.1080/17461391.2010.499967
- Frias, T., and Duarte, R. (2015). Man-to-man or zone defense? Measuring team dispersion behaviors in small-sided soccer games. *Trends Sport Sci. 3*, 135–144.
- Gonçalves, B., Esteves, P., Folgado, H., Ric, A., Torrents, C., and Sampaio, J. (2016a). Effects of pitch area restrictions on tactical behavior, physical, and physiological performances in soccer large-sided games. *J. Strength Cond. Res. 31*, 2398–2408. doi: 10.1519/jsc.0000000000001700
- Gonçalves, B., Marcelino, R., Torres-Ronda, L., Torrents, C., and Sampaio, J. (2016b). Effects of emphasising opposition and cooperation on collective movement behaviour during football small-sided games. *J. Sports Sci. 34*, 1346–1354. doi: 10.1080/02640414.2016.1143111
- Gonçalves, B., Figueira, B., Maças, V., and Sampaio, J. (2013). Effect of player position on movement behaviour, physical and physiological performances during an 11-a-side football game. *J. Sports Sci. 32*, 191–199. doi: 10.1080/02640414.2013.816761
- Gonçalves, B., Folgado, H., Coutinho, D., Marcelino, R., Wong, D., Leite, N., et al. (2018). Changes in effective playing space when considering sub-groups of 3 to 10 players in professional soccer matches. *J. Hum. Kinet. 62*, 145–155. doi: 10.1515/hukin-2017-0166
- Gréhaigne, J.-F., and Godbout, P. (2014). Dynamic systems theory and team sport coaching. *Quest 66*, 96–116. doi: 10.1080/00336297.2013.814577
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., and Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football. *Sports Med. 41*, 199–220. doi: 10.2165/11539740-000000000-00000
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., and Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc. 41*, 3–12. doi: 10.1249/mss.0b013e31818cb278
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., and Passos, P. (2011). Constraints-induced emergence of functional novelty in complex neurobiological systems: a basis for creativity in sport. *Nonlinear Dynamics Psychol. Life Sci. 15*, 175–206.
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., Passos, P., Torrents, C., Aceski, A., et al. (2013). “Creativity in sport and dance: ecological dynamics on a hierarchically soft-assembled perception-action landscape,” in *Complex Systems in Sport*, eds K. Davids, R. Hristovski, D. Araújo, N. Balagué Serre, C. Button, and P. Passos (London: Routledge), 261–274.
- Hristovski, R., Davids, K., Passos, P., and Araújo, D. (2012). Sport performance as a domain of creative problem solving for self-organizing performer-environment systems. *Open Sports Sci. J. 5*, 26–35. doi: 10.2174/1875399x01205010026
- Iacono, A. D., Eliakim, A., and Meckel, Y. (2015). Improving fitness of elite handball players: small-sided games vs. high-intensity intermittent training. *J. Strength Cond. Res. 29*, 835–843. doi: 10.1519/jsc.0000000000000686
- McGarry, T., Anderson, D. I., Wallace, S. A., Hughes, M. D., and Franks, I. M. (2002). Sport competition as a dynamical self-organizing system. *J. Sports Sci. 20*, 771–781. doi: 10.1080/026404102320675620

- Moura, F. A., van Emmerik, R. E. A., Santana, J. E., Martins, L. E. B., de Barros, R. M. L., and Cunha, S. A. (2016). Coordination analysis of players' distribution in football using cross-correlation and vector coding techniques. *J. Sports Sci.* 34, 2224–2232. doi: 10.1080/02640414.2016.1173222
- Ometto, L., Vasconcellos, F. V. A., Cunha, F. A., Teoldo, I., Souza, C. R. B., Dutra, M. B., et al. (2018). How manipulating task constraints in small-sided and conditioned games shapes emergence of individual and collective tactical behaviours in football: a systematic review. *Int. J. Sports Sci. Coach.* 13, 1200–1214. doi: 10.1177/1747954118769183
- Pinder, R. A., Davids, K., and Renshaw, I. (2012). Metastability and emergent performance of dynamic interceptive actions. *J. Sci. Med. Sport* 15, 437–443. doi: 10.1016/j.jsams.2012.01.002
- Rein, R., and Memmert, D. (2016). Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science. *SpringerPlus* 5:1410. doi: 10.1186/s40064-016-3108-2
- Ric, A., Hristovski, R., Gonçalves, B., Torres, L., Sampaio, J., and Torrents, C. (2016). Timescales for exploratory tactical behaviour in football small-sided games. *J Sports Sci.* 34, 1723–1730. doi: 10.1080/02640414.2015.1136068
- Ric, A., Hristovski, R., and Torrents, C. (2015). Can joker players favor the exploratory behaviour in football small-sided games. *Res. Phys. Educ. Sport Health* 4, 35–39.
- Ric, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Torres-Ronda, L., Sampaio, J., and Hristovski, R. (2017). Dynamics of tactical behaviour in association football when manipulating players' space of interaction. *PLoS One* 12:e0180773. doi: 10.1371/journal.pone.0180773
- Sampaio, J., Lago, C., Gonçalves, B., Maças, V., and Leite, N. (2014). Effects of pacing, status and unbalance in time motion variables, heart rate and tactical behaviour when playing 5-a-side football small-sided games. *J. Sci. Med. Sport* 17, 229–233. doi: 10.1016/j.jsams.2013.04.005
- Sansone, P., Tessitore, A., Paulauskas, H., Lukonaitiene, I., Tschan, H., Pliauga, V., et al. (2018). Physical and physiological demands and hormonal responses in basketball small-sided games with different tactical tasks and training regimes. *J. Sci. Med. Sport* 22, 602–606. doi: 10.1016/j.jsams.2018.11.017
- Santos, S., Coutinho, D., Gonçalves, B., Schöllhorn, W., Sampaio, J., and Leite, N. (2018). Differential learning as a key training approach to improve creative and tactical behavior in soccer. *Res. Q. Exerc. Sport* 89, 11–24. doi: 10.1080/02701367.2017.1412063
- Sibani, P., and Dall, J. (2003). Log-poisson statistics and full aging in glassy systems. *Europhys. Lett.* 64, 8–14. doi: 10.1209/epl/i2003-00109-0
- Silva, P., Travassos, B., Vilar, L., Aguiar, P., Davids, K., Araújo, D., et al. (2014). Numerical relations and skill level constrain Co-adaptive behaviors of agents in sports teams. *PLoS One* 9:e107112. doi: 10.1371/journal.pone.0107112
- Torrents, C., Ric, A., and Hristovski, R. (2015). Creativity and emergence of specific dance movements using instructional constraints. *Psychol. Aesthet. Creat. Arts* 9, 65–74. doi: 10.1037/a0038706
- Torrents, C., Ric, A., Hristovski, R., Torres-Ronda, L., Vicente, E., and Sampaio, J. (2016). Emergence of exploratory, technical and tactical

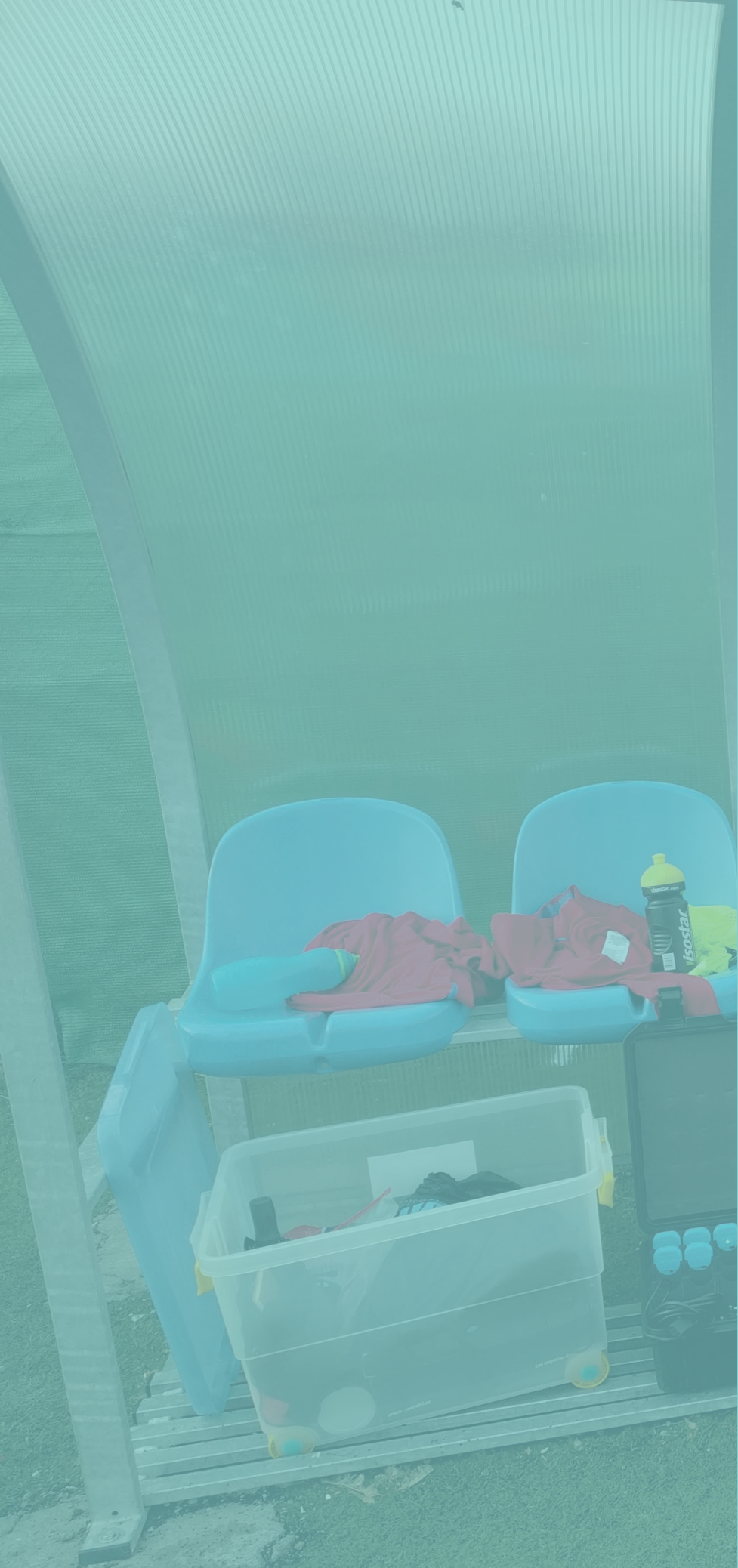
3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

- behavior in small-sided soccer games when manipulating the number of teammates and opponents. *PLoS One* 11:e0168866. doi: 10.1371/journal.pone.0168866
- Travassos, B., Gonçalves, B., Marcelino, R., Monteiro, R., and Sampaio, J. (2014). How perceiving additional targets modifies teams' tactical behavior during football small-sided games. *Hum. Mov. Sci.* 38, 241–250. doi: 10.1016/j.humov.2014.10.005
- Vaz, L., João, P. V., Gomes, I., Gaspar, P., and Figueira, B. (2019). Effects of rugby specific small-sided games in rugby union players. *Motricidade* 15, 142–142.
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., and Bar-Yam, Y. (2013). Science of winning soccer: emergent pattern-forming dynamics in association football. *J. Syst. Sci. Complex.* 26, 73–84. doi: 10.1007/s11424-013-2286-z
- Vilar, L., Esteves, P. T., Travassos, B., Passos, P., Lago-peñas, C., and Davids, K. (2014). Varying numbers of players in small-sided soccer games modifies action opportunities during training. *Int. J. Sports Sci. Coach.* 9, 1007–1018. doi: 10.1260/1747-9541.9.5.1007

Conflict of Interest Statement:

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.





Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children

Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Guerrero, I., Hileno, R., & Hristovski, R. (2020). Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children. *Creativity Research Journal*, 00(00), 1–10. <https://doi.org/10.1080/10400419.2020.1836878>



Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children

A. Canton^a, C. Torrents^a, A. Ric^a, I. Guerrero^b, R. Hilen^a and R. Hristovski^c

^aNational Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Lleida (UdL)

^bFC Barcelona Methodology Area

^cSport and Health, Ss. Cyril and Methodius University

In this work, the position of the goals was modified to analyze the effects on the exploratory behavior and the team tactical pattern, which can be meaningful variables to study creativity in team sports. Twenty-four male soccer school players under the age of 12 participated in this study. Participants were divided into four teams of one goalkeeper and 5 players. Each team played six small-sided games of 5 min in three different goals positioning situations. The positioning-derived data of each player were collected using 10 Hz GPS units, were exported, and then computed using Matlab® dedicated routines. The positioning-derived variables were: team length and width, sector and corridor, centroid speed and its distance to the own goal, the centroid angle, and the speed of spread rate. They were analyzed by means of a PCA and the dynamic overlap order parameter. Results showed that changing the position of goals did not affect significantly the exploratory behavior. PCA analysis and Tucker's Congruence Coefficient revealed that the task constraints could be characterized by a high mutual atypicality, and hence, originality. The use of the dynamic overlap, the PCA, hPCA, and Tucker's Congruence Coefficient to assess the degree of creativity in team sports were discussed. In conclusion, modifying the position of the goals can foster original behaviors of young athletes and increase the tactical repertoire of players.

INTRODUCTION

Creativity has not been extensively studied in sports. Nevertheless, there has been a growing interest in the topic (Hristovski, Davids, Araújo, & Button, 2006; Memmert & Roth, 2007; Rasmussen, Glăveanu, & Østergaard, 2019; Richard, Lebeau, Becker, Inglis, & Tenenbaum, 2018; Santos, Memmert, Sampaio, & Leite, 2016; Torrents, Balagué, Ric, & Hristovski, 2020). The components of creativity most used to analyze it are fluency, flexibility, and originality (Guilford, 1967). In sport, fluency refers to the number of different responses (e.g. behavioral solutions) that can be given by a player or a team when it is exposed to a changing environment. The larger the number of behaviors a team can perform, the wider the range of possibilities to solve a problem they will have. Flexibility is defined by the variety of the behavioral repertoire. The more behavioral flexibility a person or a team has, the easier the task will be perceived by them (Richard, Lebeau, Becker, Boiangin, & Tenenbaum, 2018). Finally, originality can be related to how rare or atypical the behavioral solution of the performer or the team is (Hristovski, Davids, Araujo, & Passos, 2011). Therefore, players and teams may be fluent, flexible, and original to be adaptable to the changing game environments.

In team sports, creativity has been investigated and related to team tactics (see Memmert, 2015 for a review). Tactical behavior is characterized by metastable dynamics because the game constrains the players to perform a permanent switch between temporary

stable solutions (Ric, Torrents, Gonçalves, Sampaio, & Hristovski, 2016). In that sense, creativity and tactical behavior can also be connected and studied by analyzing the players' exploratory behavior. Exploratory behavior has been defined as a "subsequent realization of a large number of movement configurations which reveals the hierarchical action landscape under specific constraints of each performer" (Hristovski et al., 2011, p. 187). It is not synonymous with creativity, as it does not take into account how original the responses given by a team are or how effective they are, but it considers the breadth of varied responses of a system (fluency) and their rate of change (flexibility). Therefore, exploratory behavior can be a tool to evaluate two important components and necessary conditions of creativity and tactical behavior in team sports. Without exploration, one cannot hope for innovativeness and originality (Torrents et al., 2020). On the other hand, originality has been defined as atypicality and can be calculated as a distance $d_{ij} = 1 - q_{ij}$; where q_{ij} is the overlap, congruence or similarity between two configurations i and j (Hristovski et al., 2011).

A wide range of extensive research has used positional or tracking data to monitor, control, and analyze tactical behavior during training and matches (Goes et al., 2020; Low et al., 2019). The positional-derived variables from the optical-tracking, or local or global position systems (Rico-González, Arcos, Nakamura, Arruda, & Pino-Ortega, 2019), have been used to study the tactical behaviors of player/s or team/s. The most commonly used are the team width and length, the stretch index, the centroid, the distance from the centroid to

the own goal, amongst others (Clemente, Couceiro, Martins, Mendes, & Figueiredo, 2013; Gonçalves et al., 2019). All these variables give information on the tactical behavior of the team. The combination of all these variables can inform about the hierarchical structure of the team behavior landscape and the soft-assembled multilevel dynamics emerging during a match (Ric et al., 2016).

The creativity of a performer or a team can be figured out by the analysis of exploratory behavior and also by capturing the team configuration patterns through Principal Components Analysis (PCA) (Hristovski et al., 2013; Torrents, Ric, & Hristovski, 2015). In soccer, PCA has been used to capture the positional variability of players (Barros, Cunha, Magalhaes, & Guimarães, 2006). Also, Moura, Santana, Vieira, Santiago, and Cunha (2015) used this method by applying it to each mean player position in the field to obtain the collective organization during the matches of subsequent rounds in the 2012 European Championship. Torrents et al. (2016) implemented PCA during soccer small-sided games (SSG) to analyze coordinative patterns when playing in superiority or inferiority of numbers of players.

Recent investigations have shown that the variability of the training environment helps to foster creativity in young soccer players (Caso & Kamp, 2020; Coutinho et al., 2018; Santos et al., 2018). SSG allow managing the ball under game-like conditions (Halouani, Chtourou, Gabbett, Chaouachi, & Chamari, 2014) and is the most common training task that coaches use to expose the practitioner to a changing environment (Canton et al., 2019), to be more adaptable to

perturbations (McGarry, O'Donoghue, & Sampaio, 2013) and to be more creative through the manipulation on environmental constraints (Ometto et al., 2018). The constant changes in the interaction between the players involved in each situation and the environment will change the team behavior in order to find an adequate solution (Hristovski, Davids, Passos, & Araújo, 2012). Consequently, creativity is needed to cope with this variability of the game. The design of tasks and drills should foster the creativity of players and teams, allowing them to increase their motor repertoire as well as their ability to quickly switch between task solutions or behavioral responses. Coaches should propose a rich variety of training tasks for the following reasons. First of all, the need to explore a wide variety of situations to increase the diversity of synergies to become more functionally and competitively unpredictable to the opponents (Hristovski, 2017). Second, coaches often fall into a repetitive task designs, promoting monotony or boredom in the soccer player (Wein, 2007). Similarly, it has been demonstrated that players' exploratory behavior saturates in a shorter timescale than the duration of training tasks, for example, in tens of seconds (Ric et al., 2016). And third, the promotion of challenging environments increases motivation (Varlet & Richardson, 2015).

In soccer, SSG have been used to modify spatial constraints (i.e. the size of the pitch, the scoring target size or the number of targets), the number of players involved in the task or the type of instructions and encouragement, among others (Aguiar, Botelho, Lago, Maças, & Sampaio, 2012; Low et al., 2019; Ometto et al., 2018; Sarmiento et al., 2018). Specifically in young ages, the individual performance elicited in

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

SSG has also been investigated with different constraints and training formats, such as modifying the players involved in the task (Práxedes, Moreno, Gil-Arias, Claver, & Villar, 2018; Práxedes, Moreno, Sevil, Pizarro, & Villar, 2016), the use of floaters (Padilha, Guilherme, Serra-Olivares, Roca, & Teoldo, 2017), common and exaggerated goals (Serra-Olivares, González-Víllora, & García-López, 2015), the pitch configuration (Coutinho et al., 2018), the number of players and field dimensions (Silva et al., 2015), the evaluation of the technical and tactical knowledge of young soccer players (González-Víllora, García-López, Pastor-Vicedo, & Contreras-Jordán, 2010; Práxedes, Villar Álvarez, Moreno, Gil-Arias, & Davids, 2019; Serra-Olivares, García-López, & Gutiérrez-Díaz, 2017), or the effects of modifying the targets to score (Costa et al., 2010). Castellano, Silva, Usabiaga, and Barreira (2016) found that the manipulation of the goal size can shape the team behaviors in SSG while preserving the basic principles of attacking and defending. Almeida, Duarte, Volossovitch, and Ferreira (2016) found that the manipulation of the scoring mode influenced the spatial behaviors between teams, in terms of play configurations and also of the pitch locations where teams tended to regain possession.

Depending on the type of constraints applied to the training task, some actions will be more likely to emerge than others. To design this study, we took into account the tasks used by the coach and selected an unusual situation proposed to get the team performing as a block. With this aim, the coach changed the usual position of the goals. This paper hypothesizes that changing a basic rule of a soccer game, such as the position of the goals,

will foster exploratory behavior and provoke the emergence of a variety of motor responses unexplored during the usual position of goal-posts. Therefore, the purpose of this study was to analyze the effects of changing the position of the goals on the exploratory behavior and the tactical patterns performed by a children's soccer team.

MATERIALS AND METHODS

Participants

Twenty-four male soccer players under the age of 12 (11.3 ± 0.8) participated in this study. These players belonged to a high-level soccer school and all of them had more than 1 year of experience in this school. The goalkeepers (Gk) also participated in different situations but were excluded from the data analysis. At the time that the study was conducted, the frequency of soccer training sessions was of three per week, with 60 minutes of official game between teams at the soccer school. All the players were informed of the research procedures, requirements, benefits and risks, and informed consents were obtained before the beginning of the study by parents or a legal representative. The investigation was approved by the local Institution Research Ethics Committee and conformed to the recommendations of the Declaration of Helsinki.

Procedure

Participants were divided into four teams (A, B, C, and D) of Gk+5x5+ Gk. All teams were distributed under the head coach's criteria to ensure that the teams' performances, roles, physical, technical and tactical levels were comparable (Aguiar, Botelho, Gonçalves, & Sampaio,

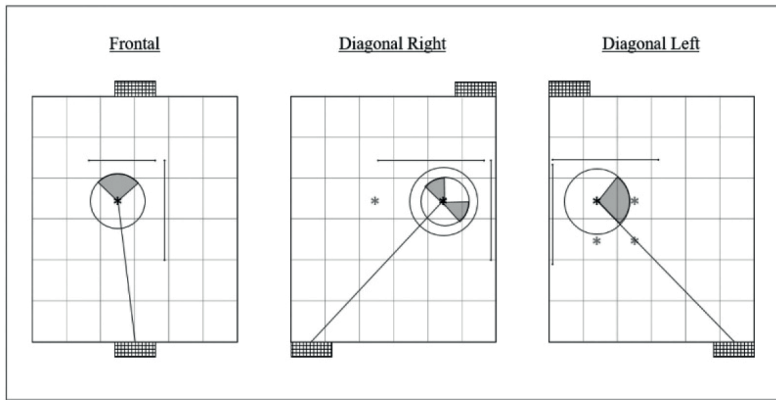


FIGURE 1 | Representation of SSGs game conditions with the highest level PC. The field is divided in corridors and sectors. The asterisk represents the most common location of the centroid, the circles represent the speed of spread rate, the vertical lines the length and the horizontal lines represent the width. The line that joins the centroid and the goal represents the distance between these two elements. The shaded area of the circle represents the direction toward which the centroid tends to move.

2013; Casamichana & Castellano, 2010). Each team played six SSG of 5-min duration in three different situations, in a randomized order, that consisted of (a) front goals (FRT), where goals were placed one in front the other; (b) right diagonal goals (RGT), where goals were placed in the right corner of the offensive half-pitch; (c) left diagonal (LFT), where goals were placed in the left corner of the offensive half-pitch (Figure 1). The pairing format between teams was as follows: A vs. C/B vs. D, and A vs. D/B vs. C. All SSG were played on a turf pitch measuring 31×37 m, following the official rules of soccer. To maintain the rhythm of play and avoid the influence of fatigue, each game involved 5-min periods of play separated by 3-min of passive rest. The game was restarted by the opposing goalkeeper if the ball went outside the field limits or there was a foul. Several balls were placed inside each goal to supply a ball whenever the game needed to be restarted to increase the effective playing time.

Data Collection

The positioning-derived data of each player (latitude and longitude coordinates) were collected using 10 Hz GPS units (WIMU PROTM, RealTrack Systems, Almeria, Spain), exported and then computed using dedicated routines (Folgado, Duarte, Fernandes, & Sampaio, 2014) in Matlab® software (MathWorks, Inc., Massachusetts, USA).

The team-related variables computed were: length, width, location of the team geometrical centroid in sectors and corridors of the field, the centroid speed, the team length and width, the spread rate, and the angle of the centroid. To define the field sectors and corridors, the field was divided into six parts, from back to front and from right to left, respectively (Canton et al., 2019; Fradua et al., 2013). The team length is the distance between the most backward and the most forward player (X-coordinate). The dispersion rate is the rate of change of the stretch index (STI) and reports on how fast a team contracts or expands; and the STI is defined as the average

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

distance of each team member from that team's space center. The centroid is the geometric center of the average positions of the outfield players from a team, and it can inform about the sector or corridor where it is positioned, how far it is from the own goal, how quick it moves or in which direction it is going to (e.g. the angle that it describes).

The eight positioning-derived variables collected for each team were discretized in several categories each. Six of them (i.e. team length and width, sector and corridor, centroid speed and its distance to the own goal) were divided into six categories. However, the centroid angle was divided into eight categories and the speed of spread rate into four categories to obtain more finely grained results related to these variables. Every 0.1 second-window, a 56-component binary vector representing the full configuration state was defined attributing a value of 1 for active categories and 0 for the inactive ones. This meant that each configuration state was defined by 7 active categories (1) and 49 inactive ones (0). Teams performed a 5-min game, so in total each game gathered 3000 vectors of data. This enabled the formation of a 56×3000 binary (Boolean) matrix.

Data Analysis

The breadth (q_{stat}) and the rate (α) of exploration were calculated by fitting the following equation 1, which is derived for systems with an intricate hierarchical structure (Sibani & Dall, 2003), with R software (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

$$\langle q_d(t) \rangle \geq (1 - q_{stat})t^{-\alpha} + q_{stat} \quad (1)$$

The dynamic overlap $\langle q_d(t) \rangle$ was previously calculated by averaging

the cosine autosimilarity between all configuration states for every increasing time lag (See Hristovski et al., 2013 for more details).

A PCA was performed on the initial multivariate binary matrices (56 categories \times 3000 time-ordered configurations) (Joliffe, 2002) of the eight games (two each team) using promax (oblique) rotation as the quickest method to process large data sets (Hendrickson & White, 1964). The resulting significant principal components (PCs) were grouped in a unique matrix for each SSG format. A new PCA was performed on the resulting PCs matrices. The number of significant PCs was determined by the criterion that treats as significant those that cumulatively accounted for $\geq 80\%$ of the explained variance. These variables were further selected as the most significant PCs (Fabrigar, Wegener, MacCallum, & Strahan, 1999; Ric et al., 2016; Torrents et al., 2015).

Statistical Analysis

Exploratory behavior

Means and SD were calculated for each variable (α , q_{stat} and T) for each situation. Situations were compared with ANOVA repeated measures. Bonferroni p -value correction for multiple comparisons between situations was applied. Normality and sphericity assumptions were tested through Shapiro-Wilk test and Mauchly's test, respectively. All these statistical analyses were performed through Stata/IC v. 15.1 (StataCorp, College Station, TX, EUA). For the means comparison tests, the significance value was set at .05. Normality and sphericity assumptions were accepted if the p -value was higher than .10.

TABLE 1 | Contrasts between SSG situations (n=8).

Variable	FRT		RGT		LFT		Mean differences [95% CI]		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	FRT vs. RGT	FRT vs. LFT	RGT vs. LFT
α	0.047	0.004	0.043	0.005	0.042	0.007	0.003 [-0.003, 0.010] <i>p</i> = .574	0.005 [-0.002, 0.012] <i>p</i> = .168	0.002 [-0.005, 0.008] <i>p</i> = 1.000
q_{stat}	0.301	0.019	0.318	0.013	0.299	0.019	-0.017 [-0.041, 0.006] <i>p</i> = .206	0.002 [-0.022, 0.026] <i>p</i> = 1.000	0.019 [-0.004, 0.043] <i>p</i> = .134

CI= confidence interval; FRT= frontal; LFT= left diagonal; RGT= diagonal right.

Principal components analysis

To reduce the dimensionality of the data, a PCA of the temporal vectors for each situation was first performed, thus obtaining a certain number of first-level PCs for each situation. Next, all these first-level PCs were joined by situation, and to obtain a higher level PCs by situation, a PC analysis was again performed, obtaining the score factors for each situation. An hPCA was also performed to determine which the highest order PCs were for each of the situations analyzed.

The Tucker’s congruence coefficient analysis¹ was performed to determine both the level of similarity between the first-level PCs and the highest level PCs (Lorenzo-Seva & Ten Berge, 2006). Its values range between -1 and 1, which means that the closer the score factor of 1 or -1 is, the more congruence there is between the two PCs compared and, the closer to 0, the less congruence. Factor scores greater than .075 were considered as fair similarity, between .70 and .75 were considered as important to highlight and lower than .60 the factor similarity was not considered.

RESULTS

Exploratory behavior

Results from the exploratory behavior analysis are presented in **Table 1**, where for each situation we present the averages of the rate of exploration $\langle \alpha \rangle$, and the exploratory breadth $\langle q_{stat} \rangle$, and the differences between means are compared. Results show that significant differences between means were not found (*p* = .1747 for alpha; *p* = .0862 for q_{stat}). The saturation time (mean ± SD) for each situation was: FRT, T = 105.1 ± 29.8 s; T = RGT, 109.4 ± 22.3; and LFT, T = 153 ± 82.1.

Principal component analysis

Under the Kaiser–Guttman criterion, the hierarchical principal component analysis initially revealed between 12 and 14 primary principal components in each file (i.e. game played). The PCs extracted from the Primary level for each situation were, in all three cases, 14.

Table 2 shows the highest level PCs for each situation. These results showed

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

TABLE 2 | Highest level principal components for each situation.

		Frontal (FRT)	Right (RGT)	Left (LFT)
Variables	Categories			
Team Length (m)	<8	-0.34	-0.09	-0.04
	8 to 14	1.58	1.13	0.35
	14 to 20	0.47	-3.10	-0.43
	20 to 26	-0.98	2.13	-0.03
	26 to 32	-0.35	0.05	0.10
	>32	-0.38	-0.11	0.04
Team Width (m)	<8	-0.35	-0.11	0.03
	8 to 13	0.06	0.40	-0.33
	13 to 18	1.09	-1.15	0.63
	18 to 23	-0.99	0.66	-0.45
	23 to 28	0.61	0.52	0.29
	>28	-0.41	-0.32	-0.17
Centroid Angle (degrees)	0-45	-0.01	0.06	0.51
	45 to 90	1.28	0.03	0.26
	90 to 135	-1.10	-1.02	-0.21
	135 to 180	-0.01	-0.60	-0.27
	180 to 225	-0.03	-0.10	-0.31
	225 to 270	0.02	0.16	-0.42
	270 to 315	-0.18	0.55	-0.28
315-360	0.03	0.91	0.71	
Speed of Spread Rate (m/s)	<-0.5	-1.54	0.10	0.27
	-0.5 to 0	2.06	-1.99	0.23
	0 to 0.5	-0.68	2.55	-2.02
	>0.5	0.16	-0.66	1.51
Sector (from back - 1 to front -6)	0-6.16	-0.31	-0.17	0.08
	6.16 to 12.33	0.79	1.16	-0.01
	12.33 to 18.5	-0.35	0.71	-0.28
	18.5 to 24.66	0.89	-1.48	-0.79
	24.66 to 30.83	-0.65	-0.10	0.96
	30.83-37	-0.37	-0.11	0.04
Corridor (from right - 1 to left - 6)	0-5.16	-0.39	-0.13	0.01
	5.16 to 10.33	0.35	-0.62	-0.17
	10.33 to 15.5	0.39	-0.56	0.65
	15.5 to 20.66	0.44	1.73	-0.66
	20.66 to 25.83	-0.42	-0.31	-0.14
	25.83-31	-0.38	-0.11	0.32
Centroid Speed (m/s)	0 to 1	3.96	1.57	-4.09
	1 to 2	-3.08	-1.30	4.25
	2 to 3	0.26	0.08	-0.26
	3 to 4	-0.38	-0.12	0.03
	4 to 5	-0.38	-0.11	0.04
	>5	-0.38	-0.11	0.04
Distance from centroid to own goal (m)	0-5	-0.28	-0.11	0.04
	5 to 10	-0.03	0.01	0.10
	10 to 15	0.40	0.55	-0.36
	15 to 20	-0.27	1.18	-0.06
	20 to 25	0.82	-0.28	-0.26
	>25	-0.64	-1.35	0.53

Highest level PC for each situation are shown after performing a hPCA. Higher correlations are highlighted in bold, showing the most robust behavior in a given range-variable.

that teams perform their behaviors in a different way depending on the kind of constraint. For example, when teams play in frontal goals, the most common team behavior is a team length between 8 and 14 m, the width between 13 and 18 or 18 and 23 m. The angle of the centroid varies from 45 to 90 or from 90 to 135 degrees (i.e. very frontal position of the team). The speed of spread tends to contract the team, showing small speeds. The team commonly plays in sector and corridor 4. The centroid varies its speed between 0 and 2 m/s. The distance from the centroid to its own goal is more than 20 m. In the right situation, the team length is higher compared to the others; it ranges from 14 to 20 or from 20 to 26 m. The team width ranges from 13 to 18 m. The angle of the centroid varies between angles of 90 and 135 or 315-360 degrees. The speed of spread shows a small contraction (from -0.5 to 0 m/s) and small expansion (from 0 to 0.5 m/s) of the team. Teams in this situation commonly play in sector two or four and corridor four. The most common distances from the centroid to the own goal varies between the ranges of 15 to 20 or more than 25. In the diagonal left situation, the team length commonly ranges from 8 to 20 m, the width varies between the range of 13 and 18 m. The angle of the centroid describes an angle between 315 and 360 degrees. The team shows an expansive behavior because its more common speed of spread rate tends to be higher than zero. Teams in the left diagonal situation tend to play in sector number five and corridors three and four. The most common centroid speed, as in other situations, is small, which ranges from zero to two m/s. The distance of the centroid to the own goal is higher than 25.

The congruence coefficients in the comparisons between the highest level

PCs between situations were: .06 in S1 (Frontal) compared to S2 (Diagonal Right); $-.59$ in S1 (Frontal) compared to S3 (Diagonal Left); and -0.39 in S2 (Diagonal Right) compared to S3 (Diagonal Left). According to these results, no congruence was found in these comparisons between situations.

DISCUSSION

The present study showed how changing the positioning of the goals in SSG in soccer modifies the team behavior but does not seem to increase fluency and flexibility. Concretely, placing two goals on the corners, describing a diagonal, changes the spatial behavior of the teams and constrains them to look for unusual team coordination patterns, but it does not significantly change the similarity of configurations and the quickness with which the teams change the type of configuration.

Previous studies observed that numerical disadvantages led to an increase in the exploratory behavior when analyzing individual behavior, but a decrease when analyzing collective behavior (Ric et al., 2016; Torrents et al., 2016). In children, this measure has been used to study the effects of different equipment on creative behavior when playing freely (Torrents, Ensenyat, Ric, Mateu, & Hristovski, 2018). In other team sports, different kinds of constraints have been applied with children, such as pitch reduction or players involved in the task in female (Atl, Köklü, Alemdaroglu, & Koçak, 2013) and male basketball players (Klusemann, Pyne, Foster, & Drinkwater, 2012; Sampaio, Abrantes, & Leite, 2009), different training regimes in handball (Buchheit et al., 2009), or the number of players, the size of the pitch

(Foster, Twist, Lamb, & Nicholas, 2010; Kennett, Kempton, & Coutts, 2012) and the expertise level of rugby players (Vaz, Leite, João, Gonçalves, & Sampaio, 2012), but all of them did not study the effects of these constraints on creativity.

The results of the present study show that changing the position of the goals did not significantly affect the exploratory behavior in children under 12 years of age category, as they showed a similar number of varied configurations and a similar rate of change. Nevertheless, this task constraint can be proposed to achieve other training aims, especially those related to training different spatial team organization or tactical behavior, as the coach of this team intended. Moreover, this training task can be used to practice unusual scenarios and increase the variety of behavioral repertoire of teams. Different studies (Dendir, 2016; Kalén, Rey, De Rellán-Guerra, & Lago-Peñas, 2019) claim that older players (approximately over 30 years) experience a drop in physical, technical and tactical performances compared to their younger colleagues. This is usually attributed to age, but it is also attributed to their experience, which have helped them to experience many situations of play and, therefore, to behave and coordinate with their peers in the best possible way and in a way that best manages their efforts (Folgado et al., 2014). Similarly, if we take into account the high sports level of the players of this soccer school, we could affirm that they are players with a high understanding of the game. The players of this research seem to be capable to coordinate with their peers as very experienced players (Gutierrez-Diaz Del Campo, Gonzalez Villora, & Garcia Lopez, 2011).

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

The aim of training different team behaviors has been studied by the analysis of PCA and hPCA, which show the different patterns performed by players constrained by varying conditions (Ric et al., 2016). Through the PCA analysis and the Tucker's Congruence Coefficient it has been revealed that there is almost no similarity or congruence between the different tasks proposed. Hence, three different task constraints revealed a high mutual atypicality and therefore, originality of PC configurations. The main components of the task with frontal goals (usual game), were completely different from the two other tasks in which the goals changed their usual positioning. When teams play with diagonal goals the attack-defense pattern changes. Teams seem to have more elongated shapes and the centroid describes more diagonal-like angles than the task with frontal goals. Similarly, Almeida et al. (2016) also found that teams, when playing in a double-goal mode, presented elongated shapes. According to this kind of playing shape, Silva et al. (2014) suggested that elongated playing shapes are more common in higher skilled players, as the players of this study.

Furthermore, in these diagonal-like situations, teams do not tend to contract but to expand. In diagonal goals situations, teams seem to behave in more diverse sectors or corridors and they tend to play swung toward the opponent's goal. Behaviors are not the same in both diagonals, as occurs in the distance from the centroid to the goal, where in diagonal right it is more common to have a distance from 15 to 20 or more than 20 m, while in diagonal left this distance is usually more than 25 m. To visualize these results, see [Figure 1](#). This result can be related to originality, since players are constrained to play in an unusual way, as

hypothesized and expected. Similarly to the present study, Travassos, Gonçalves, Marcelino, Monteiro, and Sampaio (2014) found that in a SSG with 6 goals teams tended to play in lateral corridors. Nevertheless, the behavior with this task constrain is more defensive to protect the multiple goals.

Ric et al. (2016) showed how the use of hPCA allowed the most stable/persistent movement patterns or team behaviors to be captured. For example, they showed how a soccer team behaves and how the team behavior changes before and after conceding a goal. In the present study, some similar patterns seem to exist between S2 and S3 in their highest level of the PC (see [Figure 1](#)) with Ric et al. (2016) findings. In Ric et al. (2016) the centroid quickly moved back to the right side from the central corridor of the middle defensive sector. That pattern defined the defense of the opponent's counterattack and it could mean in this study that teams' centroid swung in order to avoid a counter attack. Then, locating the goals in diagonal can be important to be trained in order to perform better when facing this kind of situations.

Thus, it seems that PCA and hPCA are very useful to capture the most stable team behavioral patterns and Tucker's Congruence Coefficient is also useful to evaluate how similar and thus how atypical or original among themselves these patterns are.

Usually, creativity has been studied from an individual perspective. In this study we have analyzed the creative behavior of the team. It could also be interesting to combine both perspectives and study how changing the goal-positioning constrains individual creativity.

CONCLUSIONS

The change of position of the goals on the pitch in a diagonal mode, that is, so that the attack and defense do not behave as a forward-back block, but more diagonally oriented, makes the teams behave differently and, therefore, in an original way (understanding original as rare or unusual).

The task constraint studied seems to affect the originality of tactical behavior, but does not seem to affect fluency or flexibility. Nevertheless, it can be used to train different spatial organizations and increase the tactical repertoire of players.

According to the literature, the skill level is determinant in the perception of different possibilities of action when evaluating the positioning of the team (Silva et al., 2014). It has been demonstrated that certain kinds of constraints increase the exploratory behavior, but these constraints must be uncomfortable enough to achieve this aim. In other words, very difficult scenarios may not let players cope with a certain situation, but very easy scenarios may not let players or teams enhance their exploratory behavior. According to this, the task is probably perceived as easy by the teams (which have a high team-behavioral level) and this can be the reason why the exploratory behavior has not increased. Moreover, literature has also demonstrated that behaviors when performing a task saturates after tens of seconds (Ric et al., 2016). To enlarge the varied task solutions and the exploratory behavior a good solution could be to vary the training tasks before no more than 150 seconds. A proposal to study in the future should be to include more goals

(e.g. four, one in each corner) and change the target every minute or no more than 150 seconds to enhance the difficulty of the task and avoid the saturation of behaviors.

The dynamic overlap, the PCA, hPCA and the Tucker's Congruence Coefficient seem very useful tools to assess the degree of creativity with which soccer teams and players develop. The secret lies in choosing those variables (i.e. teams' or players' behaviors) that best explain the behavior that coaches want to assess or evaluate.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the coaches, staff, players and specially Jordi Arasa (Coordinator of the pre-competition stage) from FCBarcelona Football School, who volunteered to participate in this study.

NOTE

1. The congruence coefficient is itself a cosine similarity or an overlap measure and measures the typicality or atypicality of PC configurations. Hence, it can be used as an atypicality measure of a configuration that is compared to other sets of configurations (see Hristovski et al., 2011, p. 191 equation 1).

DISCLOSURE STATEMENT

No potential conflict of interest was reported by the authors.

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

FUNDING

This work was supported by the National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), Generalitat de Catalunya.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author, AC, upon reasonable request.

ORCID

R. Hristovski
<http://orcid.org/0000-0001-6805-2833>



REFERENCES

- Aguiar, M., Botelho, G., Gonçalves, B., & Sampaio, J. (2013). Physiological responses and activity profiles of football small-sided games. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1287–1294. doi:10.1519/JSC.0b013e318267a35c
- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V., & Sampaio, J. (2012). A review on the effects of soccer small-sided games. *Journal of Human Kinetics*, 33(1), 103–113. doi:10.2478/v10078-012-0049-x
- Almeida, C. H., Duarte, R., Volossovitch, A., & Ferreira, A. P. (2016). Scoring mode and age-related effects on youth soccer teams' defensive performance during small-sided games. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1355–1362. doi:10.1080/02640414.2016.1150602
- Atl, H., Köklü, Y., Alemdaroglu, U., & Koçak, F. Ü. (2013). A comparison of heart rate response and frequencies of technical actions between half-court and full-court 3-a-side games in high school female basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 352–356. doi:10.1519/JSC.0b013e3182542674
- Barros, R. M. L., Cunha, S. A., Magalhaes, W. J., & Guimarães, M. F. (2006). Representation and analysis of soccer players' actions using principal components. *Journal of Human Movement Studies*, 51(2), 103–116.
- Buchheit, M., Laursen, P. B., Kuhnle, J., Ruch, D., Renaud, C., & Ahmaidi, S. (2009). Game-based training in young elite handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 30(4), 251–258. doi:10.1055/s-0028-1105943
- Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Gonçalves, B., Sampaio, J. E., & Hristovski, R. (2019). Effects of temporary numerical imbalances on collective exploratory behaviour of young and professional football players. *Frontiers in Psychology*, 10, 1968. doi:10.3389/fpsyg.2019.01968
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time–motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: Effects of pitch size. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1615–1623. doi:10.1080/02640414.2010.521168
- Caso, S., & Kamp, J. V. D. (2020). Variability and creativity in small-sided conditioned games among elite soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, 48, 101645. doi:10.1016/j.psychsport.2019.101645
- Castellano, J., Silva, P., Usabiaga, O., & Barreira, D. (2016). The influence of scoring targets and outer-floaters

- on attacking and defending team dispersion, shape and creation of space during small-sided soccer games. *Journal of Human Kinetics*, 51(1), 153–163. doi:10.1515/hukin-2015-0178
- Clemente, M. F., Couceiro, S. M., Martins, F. M., Mendes, R., & Figueiredo, A. J. (2013). Measuring collective behaviour in football teams: Inspecting the impact of each half of the match on ball possession. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(3), 678–689. doi:10.1080/24748668.2013.11868680
- Costa, I., Garganta, J., Greco, P., Mesquita, I., Silva, B., Muller, E., ... Seabra, A. (2010). Analysis of tactical behaviours in small-sided soccer games: Comparative study between goalposts of society soccer and futsal. *The Open Sports Sciences Journal*, 3(1), 1. doi:10.2174/1875399X01003010010
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Santos, S., Travassos, B., Wong, D. P., & Sampaio, J. (2018). Effects of the pitch configuration design on players' physical performance and movement behaviour during soccer small-sided games. *Research in Sports Medicine*, 27(3), 298–313. doi:10.1080/15438627.2018.1544133
- Coutinho, D., Santos, S., Gonçalves, B., Travassos, B., Wong, D. P., Schöllhorn, W., & Sampaio, J. (2018). The effects of an enrichment training program for youth football attackers. *PLoS ONE*, 13(6), 1–18. doi:10.1371/journal.pone.0199008
- Dendir, S. (2016). When do soccer players peak? A note. *Journal of Sports Analytics*, 2(2), 89–105. doi:10.3233/JSA-160021
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychol. Methods*, 4, 272–299. doi:10.1037/1082-989X.4.3.272
- Folgado, H., Duarte, R., Fernandes, O., & Sampaio, J. (2014). Competing with lower level opponents decreases intra-team movement synchronization and time-motion demands during pre-season soccer matches. *PLoS ONE*, 9 (5), 5. doi:10.1371/journal.pone.0097145
- Foster, C. D., Twist, C., Lamb, K. L., & Nicholas, C. W. (2010). Heart rate responses to small-sided games among elite junior rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 906–911. doi:10.1519/JSC.0b013e3181aeb11a
- Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, Ó., Iván Fernández-García, Á., Ruiz-Ruiz, C., & Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer: Extrapolating pitch sizes from full-size professional matches. *Journal of Sports Sciences*, 31(6), 573–581. doi:10.1080/02640414.2012.746722
- Goes, F. R., Meerhoff, L. A., Bueno, M. J. O., Rodrigues, D. M., Moura, F. A., Brink, M. S., ... Lemmink, K. A. P. M. (2020). Unlocking the potential of big data to support tactical performance analysis in professional soccer: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, 1–16. doi:10.1080/17461391.2020.1747552
- Gonçalves, B., Coutinho, D., Exel, J., Travassos, B., Lago, C., & Sampaio, J. (2019). Extracting spatial-temporal features that describe a team match demands when considering the effects of the quality of opposition in elite football. *PLoS ONE*, 14(8), e0221368. doi:10.1371/journal.pone.0221368
- González-Villora, S., García-López, L.

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

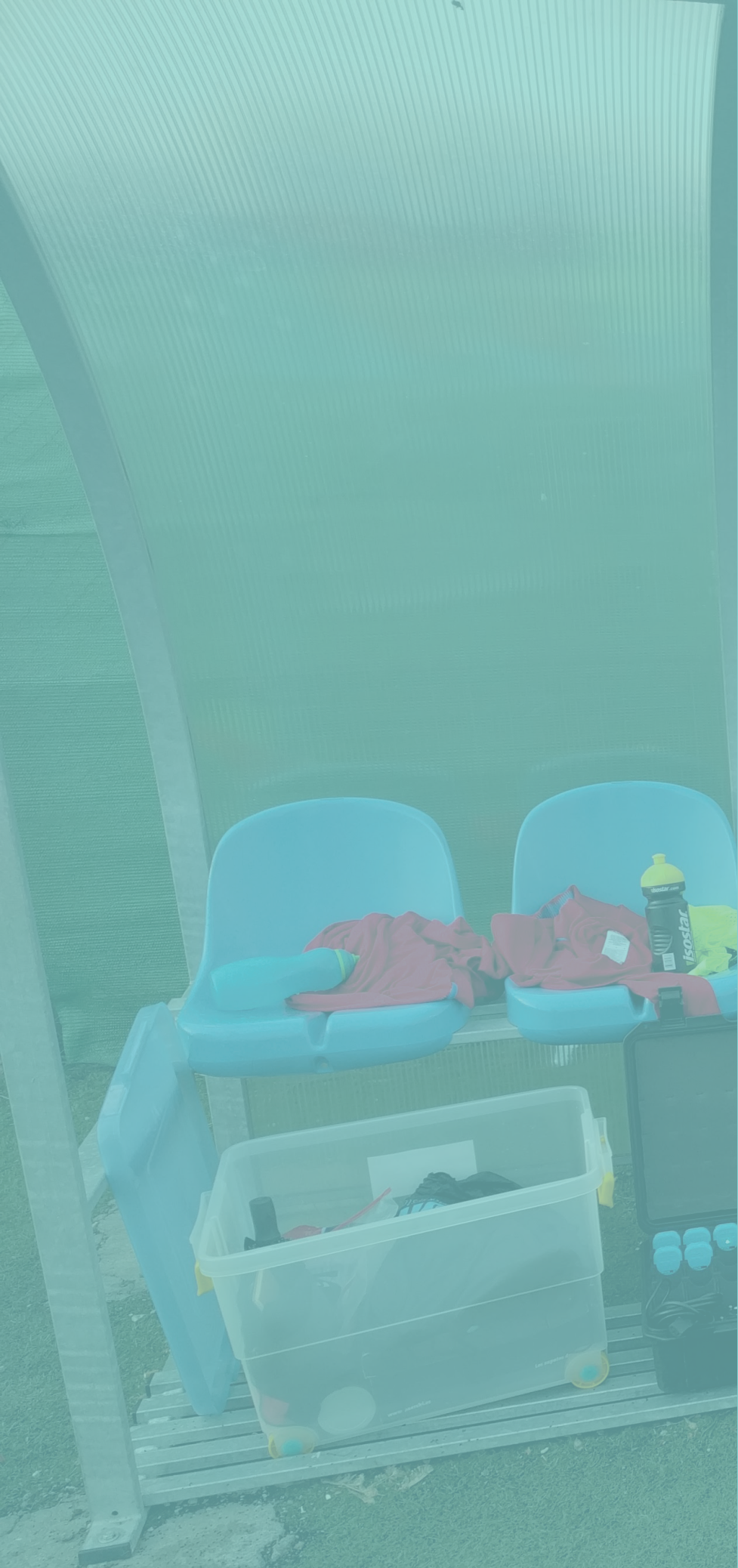
- M., Pastor-Vicedo, J. C., & Contreras-Jordán, O. R. (2010). Tactical knowledge and decision making in young football players (10 years old). *Revista de Psicología del Deporte*, 20(1), 79–97.
- Guilford, J. P. (1967). Creativity: Yesterday, today and tomorrow. *The Journal of Creative Behavior*, 1(1), 3–14. doi:10.1002/j.2162-6057.1967.tb00002.x
- Gutierrez-Diaz Del Campo, D., Gonzalez Villora, S., & Garcia Lopez, L. M. (2011). Differences in decision-making development between expert and novice invasion game players. *Perceptual and Motor Skills*, 112(3), 871–888. doi:10.2466/05.10.11.25.PMS.112.3.871-888
- Halouani, J., Chtourou, H., Gabbett, T., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2014). Small-sided games in team sports training: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), 3594–3618. doi:10.1519/JSC.0000000000000564
- Hendrickson, A. E., & White, P. O. (1964). Promax: A quick method for rotation to oblique simple structure. *British Journal of Statistical Psychology*, 17(1), 65–70. doi:10.1111/j.2044-8317.1964.tb00244.x
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., Passos, P., Torrents, C., Aceski, A., & Tufekcievski, A. (2013). Creativity in sport and dance: Ecological dynamics on a hierarchically soft-assembled perception-action landscape. In K. Davids, R. Hristovski, D. Araújo, N. Balagué Serre, C. Button, & P. Passos (Eds.), *Complex systems in sport* (pp. 261–274). London: Routledge.
- Hristovski, R. (2017). Unpredictability in competitive environments. In C. Torrents, P. Passos, & F. Cos (Eds.), *Complex systems in sport, international congress*. Linking theory and practice (pp. 9). Barcelona, Spain: Frontiers. doi:10.3389/978-2-88945-310-8
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., & Button, C. (2006). How boxers decide to punch a target: Emergent behaviour in nonlinear dynamical movement systems. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(CSSI-1), 60–73.
- Hristovski, R., Davids, K., Araujo, 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., Davids, K., Passos, P., & Araújo, D. (2012). Sport performance as a domain of creative problem solving for self-organizing performer-environment systems. *The Open Sports Sciences Journal*, 5(1), 26–35. doi:10.2174/1875399X01205010026
- Jolliffe, I. T. (2002). Principal component analysis (2nd ed.). New York, NY: Springer-Verlag.
- Kalén, A., Rey, E., De Rellán-Guerra, A. S., & Lago-Peñas, C. (2019). Are soccer players older now than before? Aging trends and market value in the last three decades of the UEFA champions league. *Frontiers in Psychology*, 10, 76. doi:10.3389/fpsyg.2019.00076
- Kennett, D. C., Kempton, T., & Coutts, A. J. (2012). Factors affecting exercise intensity in rugby-specific small-sided games. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2037–2042. doi:10.1519/JSC.0b013e31823a3b26
- Klusemann, M. J., Pyne, D. B., Foster, C., & Drinkwater, E. J. (2012). Optimising technical skills and physical loading in small-sided basketball games. *Journal*

- of sports sciences*, 30(14), 1463–1471. doi:10.1080/02640414.2012.712714
- Lorenzo-Seva, U., & Ten Berge, J. M. F. (2006). Tucker's congruence coefficient as a meaningful index of factor similarity. *Methodology*, 2(2), 57–64. doi:10.1027/1614-2241.2.2.57
- Low, B., Coutinho, D., Gonçalves, B., Rein, R., Memmert, D., & Sampaio, J. (2019). A systematic review of collective tactical behaviours in football using positional data. *Sports Medicine*, 50(2), 343–385. doi:10.1007/s40279-019-01194-7
- McGarry, T. (2013). Sport competition as a dynamical self-organizing system: Coupled oscillator dynamics of players and teams underscores game rhythm behaviours of different sports. In T. McGarry, P. O'Donoghue, & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance* (pp. 70–81). London, England: Routledge: Abingdon, Oxon.
- Memmert, D. (2015). *Teaching tactical creativity in sport: Research and practice*. New York, NY: Routledge.
- Memmert, D., & Roth, K. (2007). The effects of non-specific and specific concepts on tactical creativity in team ball sports. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1423–1432. doi:10.1080/02640410601129755
- Moura, F. A., Santana, J. E., Vieira, N. A., Santiago, P. R. P., & Cunha, S. A. (2015). Analysis of soccer players' positional variability during the 2012 UEFA European Championship: A case study. *Journal of Human Kinetics*, 47(1), 225–236. doi:10.1515/hukin-2015-0078
- Ometto, L., Vasconcellos, F. V. A. A., Cunha, F. A., Teoldo, I., Souza, C. R. B., Dutra, M. B., ... Davids, K. (2018). How manipulating task constraints in small-sided and conditioned games shapes emergence of individual and collective tactical behaviours in football: A systematic review. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 13(6), 1200–1214. doi:10.1177/1747954118769183
- Padilha, M. B., Guilherme, J., Serra-Olivares, J., Roca, A., & Teoldo, I. (2017). The influence of floaters on players' tactical behaviour in small-sided and conditioned soccer games. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(5), 721–736. doi:10.1080/24748668.2017.1390723
- Práxedes, A., Moreno, A., Gil-Arias, A., Claver, F., & Villar, F. D. (2018). The effect of small-sided games with different levels of opposition on the tactical behaviour of young footballers with different levels of sport expertise. *PLoS One*, 13(1), 1. doi:10.1371/journal.pone.0190157
- Práxedes, A., Moreno, A., Sevil, J., Pizarro, D., & Villar, F. D. (2016). Efecto de la igualdad y desigualdad numérica en juegos modificados sobre el rendimiento táctico en jóvenes futbolistas. *Journal of Sport Pedagogy & Research*, 2(1), 22–29.
- Práxedes, A., Villar Álvarez, F. D., Moreno, A., Gil-Arias, A., & Davids, K. (2019). Effects of a nonlinear pedagogy intervention programme on the emergent tactical behaviours of youth footballers. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 24(4), 332–343. doi:10.1080/17408989.2019.1580689
- Rasmussen, L. J. T., Glăveanu, V. P., & Østergaard, L. D. (2019). Exploring the multifaceted role of creativity in an elite football context. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*. doi:10.1080/2159676X.2019.1625809
- Ric, A., Hristovski, R., Gonçalves, B., Torres, L., Sampaio, J., & Torrents,

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

- C. (2016). Timescales for exploratory tactical behaviour in football small-sided games. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1723–1730. doi:10.1080/02640414.2015.1136068
- Ric, A., Hristovski, R., & Torrents, C. (2015). Can joker players favor the exploratory behavior in football small-sided games? *Research in Physical Education, Sport and Health*, 4(2), 35–39.
- Ric, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Sampaio, J., & Hristovski, R. (2016). Soft-assembled multilevel dynamics of tactical behaviors in soccer. *Frontiers in Psychology*, 7 (OCT), 1–12. doi:10.3389/fpsyg.2016.01513
- Richard, V., Lebeau, J., Becker, F., Boiangin, N., & Tenenbaum, G. (2018). Developing cognitive and motor creativity in children through an exercise program using nonlinear pedagogy principles. *Creativity Research Journal*, 30(4), 391–401. doi:10.1080/10400419.2018.1530913
- Richard, V., Lebeau, J. C., Becker, F., Inglis, E. R., & Tenenbaum, G. (2018). Do more creative people adapt better? An investigation into the association between creativity and adaptation. *Psychology of Sport and Exercise*, 38, 80–89.
- Rico-González, M., Arcos, A. L., Nakamura, F. Y., Arruda, F., & Pino-Ortega, J. (2019). The use of technology and sampling frequency to measure variables of tactical positioning in team sports: A systematic review. *Research in Sports Medicine*, 1–14. doi:10.1080/15438627.2019.1660879
- Sampaio, J., Abrantes, C., & Leite, N. (2009). Power, heart rate and perceived exertion responses to 3×3 and 4×4 basketball small-sided games. *Revista De Psicología Del Deporte*, 18(3), 463–467.
- Santos, S., Coutinho, D., Gonçalves, B., Schöllhorn, W., Sampaio, J., & Leite, N. (2018). Differential learning as a key training approach to improve creative and tactical behavior in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 89(1), 11–24. doi:10.1080/02701367.2017.1412063
- Santos, S. D., Memmert, D., Sampaio, J., & Leite, N. (2016). The spawns of creative behavior in team sports: A creativity developmental framework. *Frontiers in Psychology*, 7, 1282. doi:10.3389/fpsyg.2016.01282
- Sarmiento, H., Clemente, F. M., Araújo, D., Davids, K., McRobert, A., & Figueiredo, A. (2018). What performance analysts need to know about research trends in association football (2012–2016): A systematic review. *Sports Medicine*, 48(4), 799–836.
- Serra-Olivares, J., García-López, L. M., & Gutiérrez-Díaz, D. (2017). Tactical knowledge of seven-13 years old children depending on their sport context. *Revista de Psicología del Deporte*, 26(1), 135–144.
- Serra-Olivares, J., González-Víllora, S., & García-López, L. M. (2015). Effects of modification of task constraints in 3-versus-3 small-sided soccer games. *South African Journal for Research in Sport Physical Education and Recreation*, 37(2), 119–129. doi:10.4314/sajrs.v37i2.
- Sibani, P., & Dall, J. (2003). Log-poisson statistics and full aging in glassy systems. *Europhysics Letters*, 64(1), 8–14. doi:10.1209/epl/i2003-00109-0
- Silva, P., Duarte, R., Sampaio, J., Aguiar, P., Davids, K., Araújo, D., & Garganta, J. (2014). Field dimension and skill level constrain team tactical behaviours

- in small-sided and conditioned games in football. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1888–1896. doi:10.1080/02640414.2014.961950
- Silva, P., Esteves, P., Correia, V., Davids, K., Araújo, D., & Garganta, J. (2015). Effects of manipulations of player numbers vs. field dimensions on inter-individual coordination during small-sided games in youth football. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15 (2), 641–659.
- Silva, P., Travassos, B., Vilar, L., Aguiar, P., Davids, K., Araújo, D., & Garganta, J. (2014). Numerical relations and skill level constrain co-adaptive behaviors of agents in sports teams. *PLoS ONE*, 9(9). doi:10.1371/journal.pone.0107112
- Torrents, C., Balagué, N., Ric, Á., & Hristovski, R. (2020). The motor creativity paradox: Constraining to release degrees of freedom. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. doi:10.1037/aca0000291
- Torrents, C., Ensenyat, A., Ric, A., Mateu, M., & Hristovski, R. (2018). Free play with certain equipment constrains the emergence of exploratory behavior and physical activity in preschoolers. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 22(4), 509–533.
- Torrents, C., Ric, A., & Hristovski, R. (2015). Creativity and emergence of specific dance movements using instructional constraints. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(1), 65–74. doi:10.1037/a0038706
- Torrents, C., Ric, A., Hristovski, R., Torres-Ronda, L., Vicente, E., & Sampaio, J. (2016). Emergence of exploratory, technical and tactical behavior in small-sided soccer games when manipulating the number of teammates and opponents. *PLoS ONE*, 11(12), 1–15. doi:10.1371/journal.pone.0168866
- Travassos, B., Gonçalves, B., Marcelino, R., Monteiro, R., & Sampaio, J. (2014). How perceiving additional targets modifies teams' tactical behavior during football small-sided games. *Human Movement Science*, 38, 241–250. doi:10.1016/j.humov.2014.10.005
- Varlet, M., & Richardson, M. J. (2015). What would be Usain Bolt's 100-meter sprint world record without Tyson Gay? Unintentional interpersonal synchronization between the two sprinters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(1), 36.
- Vaz, L., Leite, N., João, P. V., Gonçalves, B., & Sampaio, J. (2012). Differences between experienced and novice Rugby Union players during small-sided games. *Perceptual and Motor Skills*, 115(2), 594–604.
- Wein, H. (2007). *Developing youth football players*. Champaign, IL: Human Kinetics.



The diagonal positioning of the goals modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players

Canton, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Ric, A., Salvioni, F., Exel, J., & Sampaio, J. (2022). The diagonal positioning of the goals modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players. *Biology of Sport*, 39(1), 135–144. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2021.102929>



The diagonal positioning of the goals modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players

Albert Canton¹, Carlota. Torrents¹, Bruno Gonçalves^{2,3,4}, Angel Ric¹, Filippo Salvioni⁵, Juliana Excel⁶, Jaime Sampaio⁷

¹ National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Lleida (UdL)

² Departamento de Desporto e Saúde, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, Portugal

³ Comprehensive Health Research Centre (CHRC), Évora, Portugal

⁴ Portugal Football School, Portuguese Football Federation, Oeiras, Portugal

⁵ FC Barcelona Methodology Area, Barcelona, Spain

⁶ Department of Biomechanics, Kinesiology and Applied Computer Science, University of Vienna, Vienna, Austria

⁷ Research Centre in Sports Sciences, Health Sciences and Human Development, CIDESD, CreativeLab Research Community, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

The aim of this study was to identify how positioning the goals in diagonal configurations on the pitch modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players during small-sided games. Four teams of five outfield players and a goalkeeper played six small-sided games of five minutes' duration in three different scenarios: 1) Control: goals placed one in front of the other; 2) Right diagonal goals: goals placed in the right-hand corner of the offensive half-pitch; and 3) Left diagonal goals: goals placed in the left-hand corner of the offensive half-pitch. The positioning-derived data from each player were collected with 10-Hz GPS units and were used to compute external load and tactical variables. Regarding the external load variables, differences were mainly focused on distance covered while walking in defence and game pace (variability), with higher values for the diagonal scenarios. Also, the length/width ratios in offence and defence were most likely lower in diagonal scenarios. In conclusion, the results showed that players' adaptations to the environmental constraints of positioning the goals diagonally were the enhancement of the width team variable and the variability of the length.

Keywords: Soccer, Physical performance, Tactical patterns, Positioning, Constraints

INTRODUCTION

Creating meaningful and representative training tasks in team sports is one of the challenges of contemporary coaching. Training tasks should be designed considering the interaction and interdependence between organismic (such as the players and their characteristics: body composition, personality, physical condition or heart rate) and environmental constraints (e.g. the field, the characteristics of the goal, the light or the temperature) as well as the emergent relation between both, the task constraints [1, 2]. All constraints are nested in different levels and timescales, and the manipulation of the task has implications in all the system, and not only in the specific aims of the task proposed.

Small-sided games (SSGs) have been used to promote varied and unpredictable situations of interaction among teammates and opponents [3]. Training related to decision making is one of the aims of proposing SSGs [4]. SSGs are grounded in the use of task constraints as a strategy to limit or allow multiple behaviours while maintaining the basic characteristics of the real game. SSGs help players to discover and learn a large set of possible actions, performing task solutions by functionally adapting their behaviour to the actions of their teammates and opponents [5]. Therefore, SSGs are used as training tools so that developed skills can be better transferred to competition contexts.

Due to the nestedness of constraints, SSGs not only influence the processes of decision making, but they have also been

used to train physical conditioning [6]. The external load is a variable that has been used to evaluate physical consequences of the use of SSGs [7, 8]. Task constraints related to the space, and especially to the position or size of the goals, have been used to train collective behaviour as well as individual physical conditioning. Several studies have described the changes in collective behaviour in SSGs with tasks that manipulated the scoring space by altering the presence/absence and size of goals [9, 10, 11, 12], the number of goals available for scoring [13, 14], and the proximity to the goals of 1 vs 1 football dyads [15]. The tactical performance seems to modify team variables such as time of ball possession, length and width, or penetration. Behaviours performed in SSGs also seem to suffer certain adaptations in the spatio-temporal relations between teams or players depending on the area of the field they are playing.

Physiological demands also seem to change as a function of alteration of the scoring modes in SSGs [16]. However, the external loads associated with the manipulation of spatial reference aspects, such as the goals' positioning related to the pitch dimensions, have been studied in basketball [17] but remain unknown in football.

Several studies have described the effects of SSG modifications by using nonlinear analysis techniques to measure predictability in football collective tactical behaviours [see 18 for a review]. The most common techniques applied have been the approximate entropy (ApEn), sample entropy (SampEn) and Shannon entropy (ShannonEn) [19]. Also, dynamic overlap has been used to quantify the diversity/unpredictability

at different timescales [5]. In addition to these techniques, multiscale entropy (MSE) has also been used to describe the entropy at different timescales (or windows) across the series and has been recently used in sports sciences [20, 21]. The MSE has not been used with team positioning data, and it might allow to identify the emergence of certain behaviours at different timescales. Therefore, its use will make it possible to continue with the evaluation of the existing multilevel synergy between individual and collective behaviour [22, 23].

The use of SSGs in young players has also been widely studied [3]. Given that this period is a developmental stage, it is notable that most studies have focused on the analysis of the effects on physical and physiological variables or on technical demands, through different types of tasks [3]. Considering constraints related to goal positioning or scoring mode used in young players, the literature has focused on the physiological responses [24, 25, 26] and the game performance [27]. However, the physiological response and the team tactical behaviour in young football players related to the change of goals positioning remain unexplored. In the present study, the coach proposed this kind of constraint to determine whether the team performed as a block and how this kind of constraint affects the team external load.

We hypothesized that teams would seek a configuration in amplitude, especially to take advantage of the lateral spaces of the pitch where the goals are not placed, both for the start of the match (short or long start), and to finish the attack (frontal shot or lateral centre). We also hypothesized that, due to this search for free spaces,

the internal load of the players might increase.

Therefore, the aim of this study was to evaluate how placing the goals in different positions on the pitch modifies the external load and the tactical behaviour of young football players during SSGs.

MATERIALS AND METHODS

Subjects

Twenty-four football male players U-12 (11.3 ± 0.8) participated in this study. The goalkeepers also participated in the different scenarios but were excluded from the data analysis. Participants were part of a high-level football school competing at the regional level. All of them had more than one year of experience in this school (3.13 ± 1.5). At the time that the study was conducted, there were three football training sessions per week, with a 60-minute official game between teams belonging to the football school. All players were informed about the study's procedures, requirements, benefits and risks and informed consent was obtained before the start of the study from parents or a legal representative. The investigation was approved by the local Research Ethics Committee and conformed to the recommendations of the Declaration of Helsinki.

Procedure

Participants were divided into four balanced (in number of players and team level) teams (A, B, C and D) of 5 outfield players and a goalkeeper. All teams were established under the head coach's criteria to ensure that the teams' performance, roles, physical, technical and tactical levels were comparable [28]. Each team

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

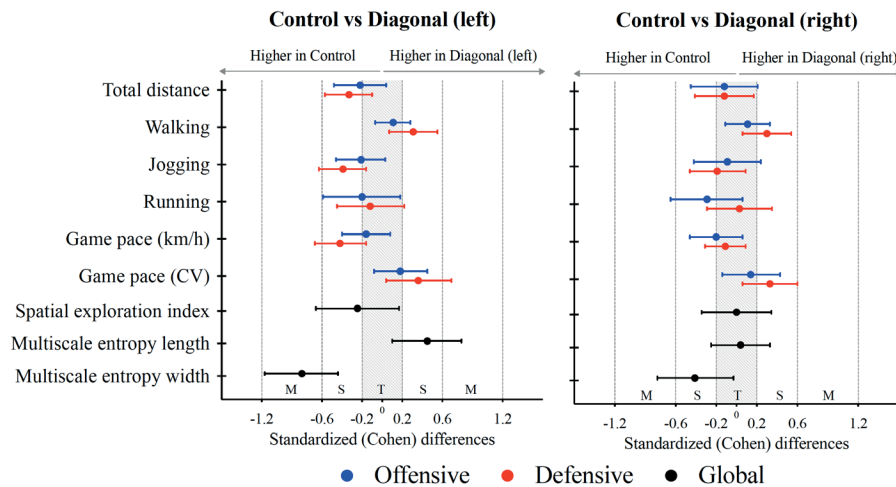


FIGURE 1 | Standardized (Cohen) differences in the individual performance variables according to game scenarios. Error bars indicate uncertainty in the true mean changes with 90% confidence intervals.

played six SSG of 5 minutes duration in three different scenarios that consisted of: 1) control, where seven-a-side football goals (6 meters wide by 2 meters high) were placed directly opposite each other (CTR); 2) right diagonal goals, where goals were placed in the right-hand corner of the offensive half-pitch (RGT); 3) left diagonal, where goals were placed in the left-hand corner of the offensive half-pitch (LFT), with the following format: A vs C/B vs D and A vs D/B vs C. In total, 24 games (six games for each of the four teams) of 5 minutes were performed in the same training session and analysed.

All SSGs were played on an artificial turf pitch measuring 31×37 metres, which was marked by using the side lines of an eleven-a-side football pitch and the side lines of the seven-a-side football pitch. The official rules of football were followed, with some exceptions to allow continuous spontaneous interactions between teammates and opponents [4, 29]. The first exception was: if the ball went outside the field limits or there was a fault, the game was restarted by the opposing goalkeeper. The second

exception was: to increase the effective playing time, several balls were placed inside the goal to supply a ball whenever the game needed to be restarted. The third exception was that, in two of the three scenarios, the goals were not one in front of the other. In order to maintain the rhythm of play and avoid the influence of fatigue, each game involved 5-min periods of play separated by 3 min of passive rest. The coach never gave feedback or interceded, only acting as a referee if there was a very clear fault.

Data collection and analysis

The positioning-derived data of each player were collected using 10 Hz GPS units (WIMU PRO, RealTrack Systems, Almeria, Spain). The units were fixed in the back of the players by a vest top.

Moreover, a notational analysis by means of Lince software [30] was performed to determine the position of the ball. This software made it possible to determine the moment that a player took possession of the ball, passed it, received it, shot

it or lost it. Knowing that, after mixing these data with the positional data of the players, we were able to determine the position of the ball, that is, which team had ball possession. To start the ball possession any player could pass the ball after receiving a goal, after a goal kick or a throw-in. The end of ball possession occurred when the ball went out of the field, a team scored a goal, a player of the opposing team regained the ball and could pass it efficiently or when a player committed a foul.

Data were processed using MATLAB dedicated routines (Math-Works, Inc., Massachusetts, USA) and used to compute the individual variables: external load expressed as total distance covered in both the offensive and defensive phases, distance covered in different speed zones, mean speed, speed coefficient of variation, spatial exploration index (SEI) [31], and the complexity index from the MSE [32] of width and length displacements; and tactical variables: duration of possession, team width, team length and their ratio (LPWR), in both the offensive and defensive phases, as well as their coefficient of variation. The SEI was computed by calculating the distance from each positioning time series to the mean position and then computing the mean value from all the obtained distances.

The SEI is considered a novel variable that explains the differences in players' pitch exploration according to the designed game scenarios, where higher values might be associated with players who are covering more space during the game situations [31].

To gain an insight into the integrated complexity associated with the different

SSG scenarios, the complexity index was calculated from the MSE applied to the positional time series of the teams. MSE was used to quantify the level of regularity in the positional data across multiple timescales in each SSG. The MSE method integrates a coarse graining procedure to the SampEn algorithm to calculate entropy values at a range of different timescales, and was performed according to existing studies [33]. It provides an insight into the fluctuations in these block-to-block dynamics. The MSE algorithm runs 20 blocks of 3,000 data points per game (5 min \times 25 Hz acquisition). SampEn was calculated in timescales from blocks of 15 seconds (timescale 20, 3,000 points/20 windows), to the entire 5 min (3,000 points) of the match. To obtain the overall complexity associated with the SSGs, the area under the MSE curves were calculated and presented as the complexity index [32].

Statistical analysis

A descriptive analysis was performed using mean and standard deviations for each variable. All data were assessed for outliers and assumptions of normality using the Shapiro-Wilk test. Based on the data normality, a repeated measures analysis of variance was used to compare the three scenarios. The statistical analysis was carried out in SPSS software and the significance level was set at 5%. Complementary, magnitude-based inferences and the effect size were applied [34]. Prior to the scenario comparisons (i.e. CTR vs LFT, CTR vs RGT), all processed variables were log-transformed to reduce the non-uniformity of error. A descriptive analysis was performed using mean and standard deviations for each variable. Differences in means for both pairs of scenarios

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

TABLE I | Highest Inferences for the individual performance variables. Data are presented as mean \pm SD, the difference in means (% with \pm 90% of confidence intervals) and uncertainty in the true differences.

Variables	Scenarios			F	p-value	Difference in means (%; \pm 90%CL) Uncertainty in the true differences	
	Control (CTR)	Diagonal (left, LFT)	Diagonal (right, RGT)			CTR vs LFT	CTR vs RGT
Total distance covered							
offensive	230.6 \pm 52.1	219.6 \pm 50.4	224.4 \pm 46.8	0.67	.52	-11.0; \pm 13.2 possibly \downarrow	-6.1; \pm 16.8 unclear
defensive	253.0 \pm 76.9	229.9 \pm 70.7	245.0 \pm 53.8	2.19	.12	-23.1; \pm 16.4 likely \downarrow	-8.1; \pm 19.9 possibly \downarrow
Walking							
offensive	31.9 \pm 11.9	33.4 \pm 15.8	33.4 \pm 12.8	0.46	.64	1.5; \pm 2.5 likely trivial	1.5; \pm 3.1 possibly \uparrow
defensive	27.6 \pm 7.9	31.2 \pm 12.9	31.1 \pm 12.1	3.10	.04	3.6; \pm 2.7* likely \uparrow	3.4; \pm 2.8 likely \uparrow
Jogging							
offensive	184.5 \pm 48.4	174.5 \pm 40	180.5 \pm 48.2	0.67	.52	-10.0; \pm 11.3 possibly \downarrow	-4.0; \pm 15.4 unclear
defensive	210.6 \pm 71.7	185.5 \pm 65.2	198.7 \pm 48.3	3.21	.04	-25.1; \pm 15* likely \downarrow	-11.9; \pm 17.6 possibly \downarrow
Running							
offensive	14.2 \pm 14.4	11.7 \pm 12.1	10.5 \pm 10.3	1.00	.38	-2.5; \pm 4.9 possibly \downarrow	-3.7; \pm 4.5 possibly \downarrow
defensive	14.8 \pm 12.5	13.2 \pm 13.5	15.1 \pm 13.5	0.27	0.75	-1.6; \pm 4.5 unclear	0.4; \pm 4.3 unclear
Game pace (km/h)							
offensive	5.6 \pm 0.8	5.5 \pm 0.8	5.4 \pm 0.9	0.98	.38	-0.1; \pm 0.2 possibly \downarrow	-0.2; \pm 0.2 possibly \downarrow
defensive	6.0 \pm 0.9	5.6 \pm 1.0	5.9 \pm 1.0	4.78	.01	-0.4; \pm 0.2* likely \downarrow	-0.1; \pm 0.2 likely trivial
Game pace (CV)							
offensive	58.8 \pm 9.3	60.3 \pm 7.6	60.0 \pm 7.1	0.68	.51	1.5; \pm 2.2 possibly \uparrow	1.2; \pm 2.3 possibly \uparrow
defensive	57.1 \pm 7.4	59.8 \pm 7.9	59.6 \pm 7.1	2.68	.07	2.8; \pm 2.4 likely \uparrow	2.5; \pm 2.0 likely \uparrow
Spatial exploration index	6.9 \pm 0.8	6.7 \pm 1.0	6.9 \pm 1.0	0.75	.48	-0.2; \pm 0.4 possibly \downarrow	0.0; \pm 0.3 unclear
Multiscale entropy length	1.9 \pm 0.7	2.3 \pm 1.0	1.9 \pm 0.8	4.31	.02	0.4; \pm 0.7* likely \uparrow	0; \pm 0.3 unclear
Multiscale entropy width	3.2 \pm 1.2	2.3 \pm 1.0	2.7 \pm 0.9	5.31	< .01	-0.8; \pm -0.5* most likely \downarrow	-0.4; \pm 0* likely \downarrow

Abbreviation: \downarrow = decrease; \uparrow = increase; m= meters; CV= coefficient of variation; *p<.05

were also expressed and graphically represented in percentage units with 90% confidence limits (CL). The effect was reported as unclear if the CL overlapped the thresholds for the smallest worthwhile changes, which were computed from the standardized units multiplied by 0.2. The magnitudes of clear effects were described probabilistically according to the following scale: 25–75%, possible; 75–95%, likely; 95–99%, very likely; > 99%, most likely [34]. The comparisons among game scenarios were assessed via standardized mean differences with 90% confidence intervals [34]. Thresholds for effect size statistics were 0.2, trivial; 0.6, small; 1.2, moderate; 2.0, large; and > 2.0, very large [34].

RESULTS

Table I and **Figure 1** present the inferential results for the individual performance variables in the game scenario comparisons. Regarding the external workload, players ran a similar distance while in the offensive phase across scenarios since the differences between the results of total distance covered and distance covered in different speed zones were unclear/trivial. On the other hand, in the defensive phase players likely covered a shorter distance in the LFT scenario compared to CTR (mean difference \pm 90% confidence intervals, $-23.1\% \pm 16.4\%$, small effect).

When considering the different speed categories in the defensive phase, there was likely an increase in walking and a decrease in jogging, both with a small effect. Unclear results were obtained for running. Still in the defensive phase, while the absolute game pace likely

decreased when playing with the LFT scenario, the corresponding CV likely increased (both with a small effect). The SEI results concerning all bouts played presented possibly lower values when CTR scenarios were compared to RGT scenarios ($-0.2\% \pm 0.4\%$, with a trivial effect) and unclear values when CTR scenarios were compared to LFT scenarios (mean \pm 90% confidence limits, $0.0\% \pm 0.3\%$, with a small effect). The MSE for players' movement in length direction showed a small increase while a moderate decrease was observed in width in the LFT game. In the RGT game there was a small decrease in width.

Figure 2 presents the MSE results for length and width across the time series of one of the teams in the 3 SSG situations. The MSE width results over the different timescales between situations are similar. On the other hand, the MSE length results are similar between both diagonal situations, but increased more when the goals were placed diagonally while increasing the timescale.

Error bars indicate uncertainty in the true mean changes with 90% confidence intervals.

Table II and **Figure 3** present the inferential results for the collective performance variables in the comparisons of scenarios. The duration of ball possession was similar in all scenarios, with trivial differences. In the offensive phase, the teams showed slight differences in length (both absolute and CV results) when playing in the LFT compared to the CTR scenario. However, placing the goals on the right-hand side very likely decreased the team length (-3.1 ± 1.4 m, small effect). Both the LFT and RGT game scenarios most likely promoted increases

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

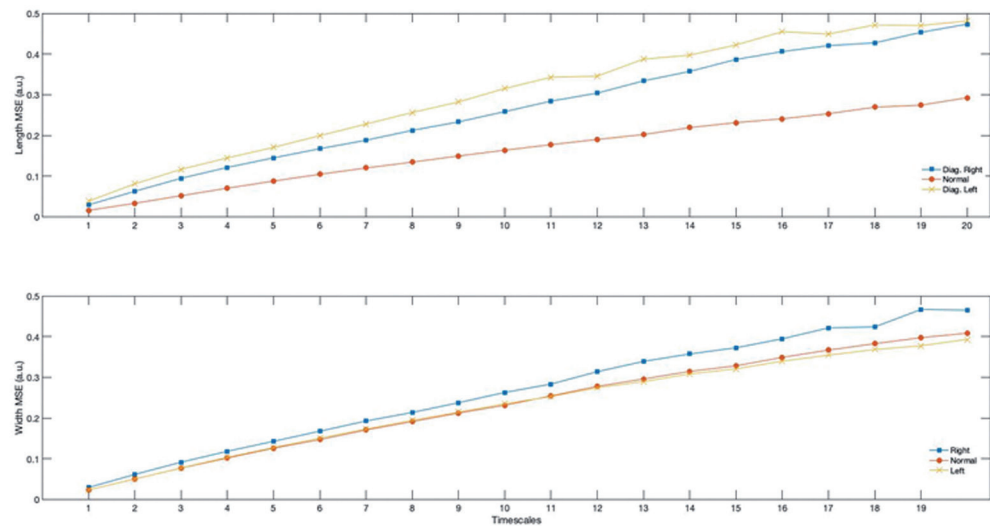


FIGURE 2 | Mean MSE for Length (upper panel) and Width (lower panel) across the time series of one team in the 3 SSG situations.

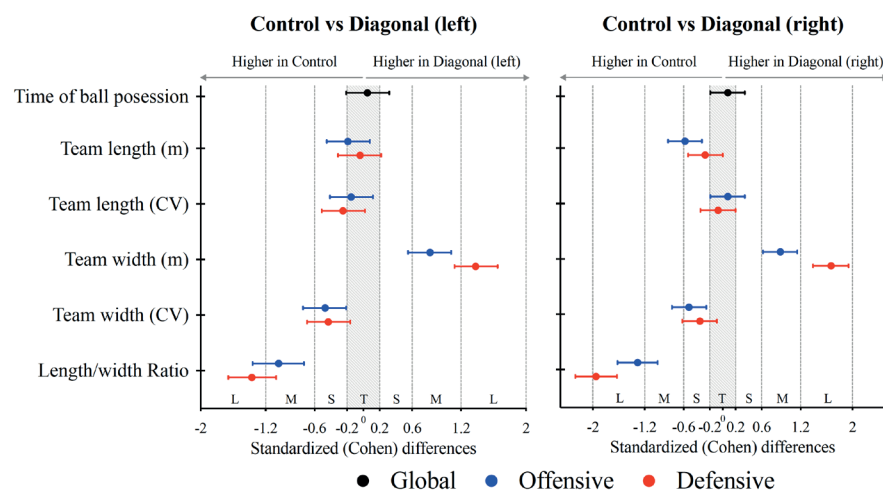


FIGURE 3 | Standardized (Cohen) differences in the collective performance variables according to game scenarios.

in team width (from ~4 to ~6.5 m) during the offensive (moderate effects) and defensive phases (large effects). These increases were accomplished by a small decrease in team width CV (from ~2.8 to ~3.9%). Finally, there was most likely a decrease in the LPWR in both scenarios compared to the CTR one (with a moderate/large effect) resulting from an increase in the team width

DISCUSSION

In general, the results showed that teams performed similarly in the three scenarios at an individual behaviour level, but differently in terms of collective behaviour. Specifically, the results showed that in a diagonal scenario teams were wider in the defensive phase than

in the offensive one, and that the width in the defensive phase had large effects in both diagonal scenarios. Similarly, Castellano et al. [10] found that in SSGs without goalkeepers, using two small goals at each end of the goal lines the team width increased with the aim to protect both goals. In our case, this increase of the width in the defensive phase can be explained by the players' behaviour, that is, the forwards in front of the opposing goal to regain the ball possession and the defenders close to their own goal to protect it.

With the change of scenario from normal goal positioning (CTR) to diagonal left or right, coadaptation in offensive and defensive behaviour seems to lead to a new team pattern characterized by greater distances along the width axis. Travassos et al. [14] observed that using a six-scoring-target SSG seemed to promote higher security on the spatial proximity between teams (i.e. smaller space occupied by both teams on the pitch and smaller differences between teams). In the current study, the diagonal goals constraint seemed to promote lower security as reflected in the increase in width when a team lost possession of the ball. The reason for these differences could be the diagonal attack-defence pattern orientation of the team, which, as stated before, makes attackers be in front of the opposing goal to score a goal and regain the ball possession and the defenders in front of their own goal to protect it.

As a result of the particular placement of the goals and the width of the teams, the LPWR was also affected, showing an LPWR higher than those in all scenarios and in both the defensive and offensive

phases. LPWR captures the shape of the team through the relation between its length and width (i.e. longer and thinner teams have higher LPWR values than shorter and wider teams) [35]. Our results show that the teams' LPWR was higher in the defensive phase than in the offensive phase, meaning that the distribution of the team tends to flatten when a team loses the ball, while remaining elongated. Although the trend in the LPWR behaviour in the three situations is the same, it is observed that the LPWR likely decreases from the CTR scenario to the diagonal ones. It means that when teams play in diagonal situations, they present more flattened and short shapes than in the CTR one.

Regarding the duration of ball possession, it was found that it was longer than that reported by Olthof, Frencken, and Lemmink [36] in similar size SSG conditions (i.e., SSG small pitch 40×30 m), and similar to that found in an SSG with a large pitch size (i.e., 68×47 m) in U17 players. In contrast to Olthof et al.'s [36] study, constraining the goals in diagonal and in a similar sized field did not affect the duration of ball possession. According to our results and the literature, we think that the duration of ball possession depends more on the level of development and experience of the players [36, 37] than their age, given that maturational and developmental differences between players of the same age may exist. Related to this, it would be interesting to examine whether a longer duration of ball possession is more or less related to success and to the age, level or experience of players. Taking it into account, we could consider the scenarios proposed in this study without the duration of ball possession being affected.

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

TABLE II | Inferences for the collective performance variables. Data are presented as mean \pm SD, the difference in means (% with \pm 90% of confidence intervals) and uncertainty in the true differences.

Variables	Scenarios			F	p-value	Difference in means (%; \pm 90%CL) Uncertainty in the true differences	
	Control (CTR)	Diagonal (left, LFT)	Diagonal (right, RGT)			CTR vs LFT	CTR vs RGT
Time of ball possession	15.1 \pm 10.3	15.7 \pm 10.9	15.9 \pm 10.6	0.12	.89	0.6; \pm 2.8 unclear	0.8; \pm 2.8 possibly trivial
Team length (m)							
offensive	28.7 \pm 5.4	27.7 \pm 5.6	25.6 \pm 5.2	8.82	< .001	-1.0; \pm 1.5 possibly \downarrow	-3.1; \pm 1.4* very likely \downarrow
defensive	29.9 \pm 6.3	29.6 \pm 6.2	28.2 \pm 5.8	1.63	.20	-0.3; \pm 1.7 unclear	-0.3; \pm 1.7 possibly \downarrow
Team length (CV)							
offensive	9.5 \pm 5.8	8.7 \pm 5.0	10.0 \pm 6.4	1.00	.37	-0.8; \pm 1.4 possibly \downarrow	0.5; \pm 1.6 possibly trivial
defensive	10.7 \pm 7.2	9.0 \pm 6.4	10.3 \pm 5.8	1.32	.27	-1.7; \pm 1.8 possibly \downarrow	-0.4; \pm 1.7 possibly trivial
Team width (m)							
offensive	19.1 \pm 5.1	23.0 \pm 4.5	23.5 \pm 4.7	18.42	< .001	4.0; \pm 1.3* most likely \uparrow	4.4; \pm 1.3* most likely \uparrow
defensive	15.5 \pm 3.4	20.5 \pm 3.9	21.9 \pm 4.4	63.85	< .001	5.1; \pm 1* most likely \uparrow	6.5; \pm 1.1* most likely \uparrow
Team width (CV)							
offensive	15.1 \pm 7.7	11.2 \pm 8.7	11.2 \pm 7.4	6.55	< .001	-3.9; \pm 2.2 very likely \downarrow	-3.9; \pm 2.0 very likely \downarrow
defensive	15.0 \pm 8.0	11.5 \pm 8.3	12.2 \pm 7.9	4.12	.02	-3.5; \pm 2.2* likely \downarrow	-2.8; \pm 2.1 likely \downarrow
Length/width Ratio							
offensive	1.7 \pm 0.6	1.3 \pm 0.3	1.1 \pm 0.3	24.30	< .001	-0.4; \pm 0.1* most likely \downarrow	-0.5; \pm 0.1* most likely \downarrow
defensive	2.1 \pm 0.6	1.5 \pm 0.3	1.3 \pm 0.3	51.35	< .001	-0.6; \pm 0.1* most likely \downarrow	-0.7; \pm 0.1* most likely \downarrow

Abbreviation: \downarrow = decrease; \uparrow = increase; m= meters; CV= coefficient of variation; *p<.05

Literature related to goal constraints has widely investigated the effects of a given constraint in SSGs on the physical variables and has concluded that the modification of constraints has effects on physical demands. It has been found that the intensity of the football SSG can be affected by many factors such as the presence or absence of goalkeepers and/or goals/mini-goals [9, 10]. In contrast to

the results obtained by Gonçalves et al. [31], in the current study there were no differences in the total distance covered or in any speed range when constraining a task. We found that players did not expend any more or less effort from a motor or physical point of view. Thus, the task modification proposed in this study would not increase the high-intensity effort of the players.

The diagonal goal constraint did not show clear tendencies regarding the players' SEI. Previously it was found that restricting the players to specific areas of the pitch decreased the SEI [31]. In the present study, the diagonal positioning of the goals did not decrease the SEI in a clear way, showing that players covered approximately the same space in the diagonal scenarios and consequently explored the available space in a similar way.

The MSE results quantified the level of regularity of the teams' length and width positioning at different timescales. When compared across the different scenarios, the length MSE remained the same when comparing central with right diagonal positioning (CTR to RGT) and likely increased with the left diagonal (CTR to LFT). On the other hand, the width MSE likely decreased in the CTR scenario compared to the diagonal ones. As shown in **Figure 2**, both width and length display increasing MSE curves according to timescales. Interestingly, MSE in length in both diagonal situations increases at a higher rate than the CTR situation. It means that SSGs elicit different complex displacement across timescales in length. The unpredictability/diversity of the displacements in depth in shorter timescales showed similar low values of regularity; when increasing the timescales the irregularity increased greatly at longer timescales. In other words, the MSE shows the same evolution of irregularity in width displacements independently of goal positioning, but in the length it presents more differences while increasing the timescale. These results might be explained by the change in pressure and retreat of the players over the timescales of tens of second [37]. We hypothesize that the reason for

this change in the behaviour of the team when the goals are placed diagonally is due to the location of certain players. In this certain situation, where the goals are at the corners and diagonally oriented, the forwards are in front of the opposing goal trying to score a goal or regain ball possession, and the defenders, who are in front of their own goal, try to start a new attack or to protect their own goal [38, 39]. Thus, it seems interesting to perform this kind of constraint, for example, to help players to start the game in a condition with fewer possibilities (one side of the field is "closed") and make team behaviours emerge to stabilize the restart of the game to one side or the other. Nevertheless, it has to be taken into account that several studies have shown that the probability of scoring a goal from the sides of the field is lower than from the centre [40, 41]. It would also be interesting to investigate the passing network in such constrained scenarios to determine which kind of progression follows the ball (if they exploit more lateral spaces to progress or to defend or not), the kind of finalization of the forwards and the place of the field from which they score a goal.

CONCLUSIONS

According to our results, it seems it would be possible to modify the collective behaviour of U12 teams by adjusting the location of the goals on the pitch in SSGs. As tactical behaviours emerge from the teams' adaptations to the environmental constraints imposed by the specific play context during training [3], this kind of constraint seems a good way to promote collective behaviour in which the width and the length of the team have increased relevance in different ways.

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

The results showed that players' adaptations to the environmental constraints of positioning the goals diagonally foster the emergence of pitch width-related explorations and the structure of variability over a range of time series in the team length.

In relation to the width, the main practical application that a task of this type would have, at a team behaviour level, would be the training of the team in amplitude. Therefore, it would be useful for the coach to work on aspects such as the expansion and contraction of the team after recovering or losing the ball, without negatively affecting the physical performance of the players. In terms of depth, we believe that the irregularity in this variable would allow coaches to train faster adaptation of teams when faced with an opponent with very variable behavioural patterns.

The main limitation of the study is that it was not possible to use the data provided by the local positioning system (LPS) signal because of the steel wire mesh that surrounded the field, which prevented the LPS signal from being well captured. We believe it would be interesting to replicate the same study in an 11 vs 11 with different age groups, similar to the study performed by Figueira et al. [42] and taking the variables proposed by Rico-González et al. [43], due to the similarity of football SSGs and futsal (that is, number of players and surface area) and the usefulness of the variables proposed in the aforementioned study (that is, geometrical centre and distance related variables).

FUNDING

This work was supported by the National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), Generalitat de Catalunya.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the coaches, staff, players and specially Isaac Guerrero (Technical Director) and Jordi Arasa (Coordinator of the pre-competition stage) from FCBarcelona Football School, who volunteered to participate in this study.

CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors reported no conflict of interest.

REFERENCES

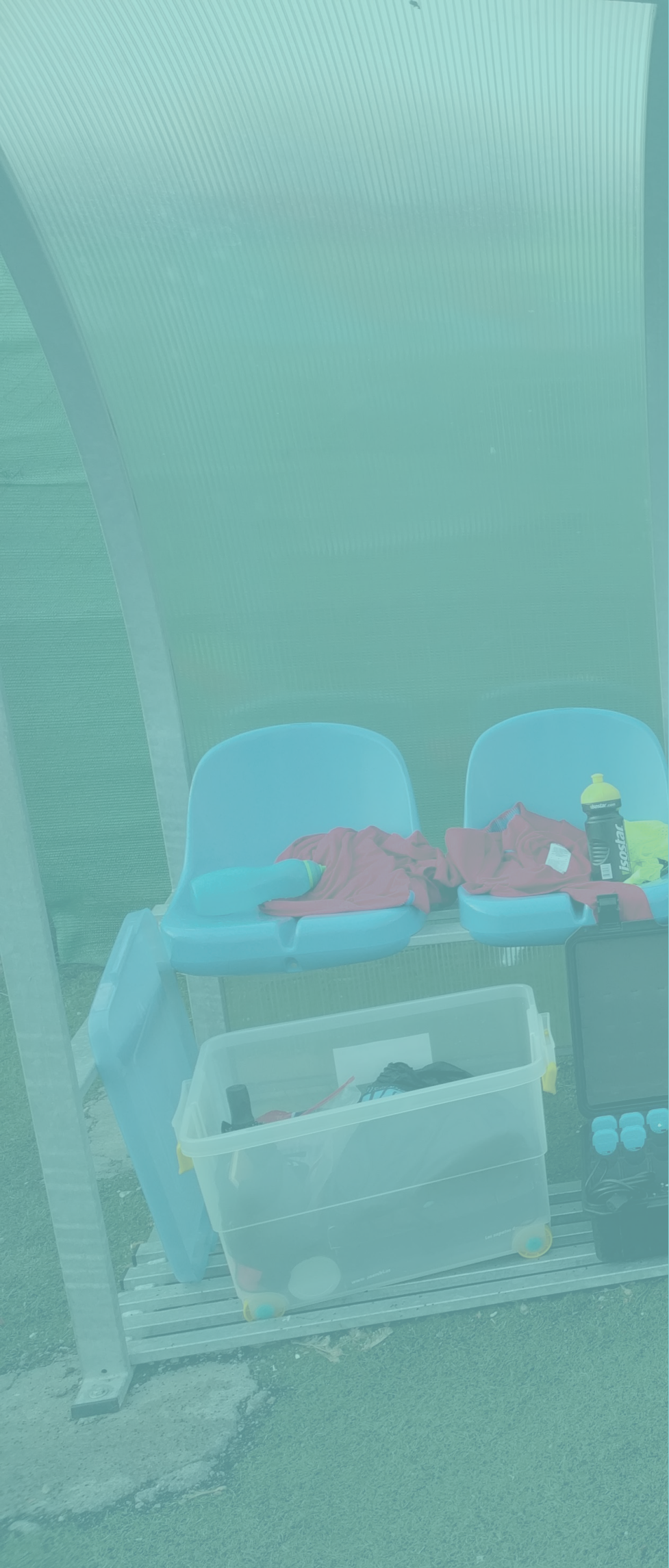
1. Balagué N, Pol R, Torrents C, Ric A, Hristovski R. On the Relatedness and Nestedness of Constraints. *Sport Med Open*. 2019;5(1):1–10.
2. Newell KM. Constraints on the development of coordination. In: Wade MG, Whiting HTA, editors. *Motor development in children: Aspects of coordination and control*. Dordrecht, the Netherlands: Martinus Nijhoff; 1986. p. 341–360.
3. Ometto L, Vasconcellos FVAA, Cunha FA, Teoldo I, Souza CRB, Dutra MB, et al. How manipulating task constraints in small-sided and conditioned games

- shapes emergence of individual and collective tactical behaviours in football: A systematic review. *Int J Sport Sci Coach*. 2018;13(6):1200–14.
4. Davids K, Araújo D, Vilar L, Renshaw I, Pinder R. An ecological dynamics approach to skill acquisition: Implications for development of talent in sport. *Talent Dev Excell*. 2013;5(1):21–34.
 5. Ric A, Hristovski R, Gonçalves B, Torres L, Sampaio J, Torrents C. Timescales for exploratory tactical behaviour in football small-sided games. *J Sports Sci*. 2016;34(18):1723–30.
 6. Hill-Haas S V., Dawson B, Impellizzeri FM, Coutts AJ. Physiology of small-sided games training in football: A systematic review. *Sport Med*. 2011; 41(3):199–220.
 7. Casamichana D, Castellano J. The Relationship Between Intensity Indicators in Small-Sided Soccer Games. *J Hum Kinet*. 2015;45:119–28.
 8. Coutinho D, Gonçalves B, Santos S, Travassos B, Wong DP, Sampaio J. Effects of the pitch configuration design on players' physical performance and movement behaviour during soccer small-sided games. *Res Sport Med*. 2018;27(3):298–313.
 9. Aguiar M, Botelho G, Lago C, Maças V, Sampaio J. A review on the effects of soccer small-sided games. *J Hum Kinet*. 2012;33(1):103–13.
 10. Castellano J, Silva P, Usabiaga O, Barreira D. The influence of scoring targets and outer-floaters on attacking and defending team dispersion, shape and creation of space during small-sided soccer games. *J Hum Kinet*. 2016; 51(1):153–63.
 11. Costa I, Garganta J, Greco P, Mesquita I, Silva B, Müller E, et al. Analysis of Tactical Behaviours in Small-Sided Soccer Games: Comparative Study Between Goalposts of Society Soccer and Futsal. *Open Sports Sci J*. 2010;3(1):10–2.
 12. Pulling C, Twitchen A, Pettefer C. Goal Format in Small-Sided Soccer Games: Technical Actions and Offensive Scenarios of Prepubescent Players. *Sports*. 2016;4(4):53.
 13. Fenoglio R. The Manchester United 4 v 4 pilot scheme for u9s: part II – the analysis. *Insight FA Coach Assoc J*. 2003;6(4):21–4.
 14. Travassos B, Gonçalves B, Marcelino R, Monteiro R, Sampaio J. How perceiving additional targets modifies teams' tactical behavior during football small-sided games. *Hum Mov Sci*. 2014;31:241–50.
 15. Headrick J, Davids K, Renshaw I, Araújo D, Passos P, Fernandes O. Proximity-to-goal as a constraint on patterns of behaviour in attacker–defender dyads in team games. *J Sports Sci*. 2012;30(3):247–53.
 16. Duarte R, Araujo D, Fernandes O, Travassos B, Folgado H, Diniz A, et al. Effects of Different Practice Task Constraints on Fluctuations of Player Heart Rate in Small-Sided Football Games. *Open Sports Sci J*. 2010; 3(1):13–5.
 17. Mateus N, Gonçalves B, Weldon A, Sampaio J. Effects of using four baskets during simulated youth basketball games. *PloS one*. 2019;14(8), e0221773.
 18. Low B, Coutinho D, Gonçalves B, Rein R, Memmert D, Sampaio J. A Systematic Review of Collective Tactical Behaviours in Football Using Positional Data. *Sports Med*. 2019;50:343–85.

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

19. Silva P, Duarte R, Esteves P, Travassos B, Vilar L. Application of entropy measures to analysis of performance in team sports. *Int J Perform Anal Sport*. 2016; 16(2):753–768.
20. Moras AG, Fern B, Tous J, Exel J, Sampaio J. Entropy measures detect increased movement variability in resistance training when elite rugby players use the ball. *J Sci Med Sport*. 2018;21(12):1286–92.
21. Fernández-Valdés B, Sampaio JE, Exel J, Otazo JG, Tous J, Jones B, et al. The influence of functional flywheel resistance training on movement variability and movement velocity in elite rugby players. *Front Psychol*. 2020;11:1205.
22. Duarte R, Araújo D, Correia V, Davids K, Marques P, Richardson MJ. Competing together: Assessing the dynamics of team – team and player – team synchrony in professional association football. *Hum Mov Sci*. 2013;32(4):555–66.
23. Torrents C, Balagué N, Ric A, Hristovski R. The motor creativity paradox: Constraining to release degrees of freedom. *Psychol Aesthet Creat Arts*. 2020.
24. Halouani J, Chtourou H, Dellal A, Chaouachi A, Chamari K. The effects of game types on intensity of small-sided games among pre-adolescent youth football players. *Biol Sport*. 2017; 34(2):157–62.
25. Halouani J, Chtourou H, Dellal A, Chaouachi A, Chamari K. Soccer small-sided games in young players: Rule modification to induce higher physiological responses. *Biol Sport*. 2017;34(2):163–8.
26. Halouani J, Chtourou H, Gabbett T, Chaouachi A, Chamari K. Small-sided games in team sports training: a brief review. *J Strength Cond Res*. 2014; 28(12):3594–3618.
27. Serra-Olivares J, González-Villora S, García-López LM, Araújo D. Game-Based Approaches' Pedagogical Principles: Exploring Task Constraints in Youth Soccer. *J Hum Kinet*. 2015; 46(1):251–61.
28. Aguiar M, Botelho G, Gonçalves B, Sampaio J. Physiological responses and activity profiles of football small-sided games. *J Strength Cond Res*. 2013; 27(5):1287–94.
29. Torrents C, Ric A, Hristovski R, Torres-Ronda L, Vicente E, Sampaio J. Emergence of exploratory, technical and tactical behavior in small-sided soccer games when manipulating the number of teammates and opponents. *PLoS One*. 2016;11(12):1–15.
30. Gabin B, Camerino O, Anguera MT, Castañer M. Lince: Multiplatform sport analysis software. *Procedia-Social Behav Sci*. 2012;46:4692–4694.
31. Gonçalves B, Esteves P, Folgado H, Ric A, Torrents C, Sampaio J. Effects of Pitch Area-Restrictions on Tactical Behavior, Physical, and Physiological Performances in Soccer Large-Sided Games. *J Strength Cond Res*. 2016;31(9):2398–408.
32. Busa MA, Emmerik REA Van. Multiscale entropy: A tool for understanding the complexity of postural control. *J Sport Heal Sci*. 2016;5(1):44–51.
33. Costa M, Goldberger L, Peng C-K. Multiscale entropy of biological signals. *Phys Rev E*. 2005;71(2):021906.
34. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(1):3–12.
35. Frias T, Duarte R. Man-to-man or zone

- defense? Measuring team dispersion behaviors in small-sided soccer games. *Trends Sport Sci.* 2014;3(21):135–44.
36. Olthof S, Frencken W, Lemmink K. Match-derived relative pitch area changes the physical and team tactical performance of elite soccer players in small-sided soccer games. *J Sports Sci.* 2017;36(14):1–7.
37. Ric A, Torrents C, Gonçalves B, Sampaio J, Hristovski R. Soft-assembled multilevel dynamics of tactical behaviors in soccer. *Front Psychol.* 2016;7:1513.
38. Clemente FM, Martins FML, Mendes RS, Figueiredo AJ. A systemic overview of football game: The principles behind the game. *J Hum Sport Exerc.* 2014;9(2):656–67.
39. Gréhaigne J, Godbout P. Tactical Knowledge in Team Sports From a Constructivist and Cognitivist Perspective. *Quest.* 2012; 47(4):490–505.
40. Link D, Lang S, Seidenschwarz P. Real Time Quantification of Dangerousity in Football Using Spatiotemporal Tracking Data. *PLoS One.* 2016; 11(12):1–16.
41. Fernández J, Bornn L, Cervone D. Decomposing the Immeasurable Sport: A deep learning expected possession value framework for soccer. In: 13 th Annual MIT Sloan Sports Analytics Conference. 2019.
42. Figueira B, Gonçalves B, Masiulis N, Sampaio J. Exploring how playing football with different age groups affects tactical behaviour and physical performance. *Biol Sport.* 2018;35(2):145-153.
43. Rico-González M, Pino-Ortega J, Clemente FM, Rojas-Valverde D, Los Arcos A. A systematic review of collective tactical behavior in futsal using positional data. *Biol Sport.* 2021;38(1):23-36.



Desarrollo y evaluación de la creatividad motriz en el fútbol: estado de la cuestión

Canton, A., Torrents, C., Ric, A., & Hristovski, R. (2022). Desarrollo y evaluación de la creatividad motriz en el fútbol: estado de la cuestión. *Retos*, 46, 93-103.



Desarrollo y evaluación de la creatividad motriz en el fútbol: estado de la cuestión

*Albert Canton, *Carlota. Torrents, *Angel Ric, **Robert Hristovski

*Universidad de Lérida (España)

**Methodius University (Macedonia)

En el fútbol, la creatividad motriz, tanto a nivel individual como grupal, es necesaria para disponer de un repertorio de respuestas diverso o para ser impredecibles para los oponentes. No obstante, estas respuestas deberían ser lo suficientemente estables para que sean predecibles para los integrantes de un mismo equipo. El objetivo de este estudio fue mostrar el estado de la cuestión en la literatura científica en relación con el desarrollo y la evaluación de la creatividad motriz en el fútbol, poniendo especial énfasis en la investigación centrada en una visión compleja del comportamiento motor. Tradicionalmente se han descrito tres componentes para analizar la creatividad: la fluidez, la flexibilidad y la originalidad. A partir de la comprensión de la creatividad como un fenómeno complejo, se analizan diferentes propuestas metodológicas que han sido investigadas en la literatura científica, como el uso de Juegos Reducidos o el Aprendizaje Diferencial. Existen dificultades para medir la creatividad, no obstante, se han diseñado herramientas para evaluar comportamientos creativos de forma subjetiva a partir de la observación de videos por parte de expertos a través de rúbricas y análisis de video. Desde la aplicación de las ciencias de la complejidad a la investigación deportiva, se ha medido también aplicando métodos matemáticos y/o estadísticos como son diferentes medidas de entropía, el *dynamic overlap* para medir la flexibilidad y la fluidez del comportamiento motor o el PCA y el *Tucker's Coefficient*, que se pueden utilizar para medir la originalidad. En este artículo se pone en valor la importancia de la creatividad en los contextos deportivos, concretamente en la práctica del fútbol. Finalmente, se presentan varias propuestas de futuro para la evaluación y desarrollo de la creatividad en el fútbol.

Palabras clave: creatividad motriz, dynamic overlap, fútbol, iniciación deportiva, PCA, Entropía

INTRODUCCIÓN

Los comportamientos creativos se valoran cada vez más dentro del ámbito deportivo, especialmente en los deportes de oposición. Conseguir que un equipo sorprenda a su rival implica la capacidad para responder de formas diversas y además distintas a las habituales, dos características que definen la creatividad.

Las definiciones más utilizadas en la literatura hacen referencia a la habilidad de comportarse de forma divergente y a la obtención de un comportamiento o un producto útil y original (Runco & Jaeger, 2012). Se describen tres componentes para analizar la creatividad: la flexibilidad, la fluidez, y la originalidad (Guilford, 1967). En el deporte, se define la flexibilidad como la variedad del repertorio comportamental que una persona o equipo es capaz de mostrar, es decir, que cuanta más flexibilidad de comportamientos funcionales tenga una persona o un equipo, más opciones tendrá para responder de forma efectiva ante cualquier contexto (Hristovski, Davids, Araújo, & Passos, 2011; Richard, Lebeau, Becker, Inglis, & Tenenbaum, 2018). En cuanto a la fluidez, hace referencia al número de respuestas o soluciones comportamentales que puede realizar una persona o un equipo cuando se expone a un entorno cambiante y que se dan en un tiempo determinado. Por lo tanto, cuanto más extenso sea el repertorio de comportamientos que un equipo pueda realizar, más posibilidades de acción tendrá ante cualquier situación que se le plantee. En otras palabras, la flexibilidad es la capacidad que tiene un sistema para transitar de un estado de comportamiento a otro cuando el contexto lo requiere y la

fluidez haría referencia a lo rápido que el sistema hace esas transiciones. Referente a la originalidad, esta representa la capacidad de generar soluciones novedosas y únicas y, por lo tanto, se puede relacionar con cómo de raro o atípico es un comportamiento realizado por una persona o equipo (Hristovski, Davids, Passos, & Araújo, 2012). Otro de los enfoques más utilizados para describir los componentes que conforman la creatividad es el de las cuatro Pes: i) la persona creativa; ii) el producto o resultado; iii) el proceso, y iv) el lugar, el entorno o la presión ambiental (Runco & Kim, 2018). Estos cuatro elementos están interrelacionados entre sí y es esta interrelación la que puede complicar su comprensión e implementación y, para ello, será importante comprender sus características para incentivar la creatividad en entornos deportivos.

Cabe destacar que la creatividad normalmente se ha vinculado al producto, es decir, a un resultado visible (Walia, 2019). Pero en deportes como el fútbol, el aprendizaje y el acto creativo se producen durante el proceso o desarrollo de la práctica motriz. Es decir, en este tipo de deportes los comportamientos de futbolistas y las coordinaciones entre ellas/os son parte del producto, del resultado.

La consideración de la creatividad como un fenómeno complejo facilita la comprensión de cómo interactúan las variables presentes en las situaciones deportivas para que emerja un comportamiento distinto al habitual o novedoso. El marco de referencia que más ha ayudado a desarrollar esta perspectiva en el ámbito motor es el de la dinámica de la coordinación o *Coordination Dynamics*, que describe, explica y predice cómo se

forman, se adaptan, persisten y cambian los patrones coordinativos (Kelso, 2009). Su estudio ayuda a comprender los principios y leyes que provocan la emergencia de comportamientos bajo constreñimientos cambiantes (Balague, Torrents, Hristovski, Davids, & Araújo, 2013). Los constreñimientos son los límites o condiciones que se dan en un determinado momento y que, fruto de su interacción, provocan la auto organización del sistema (Renshaw, & Chow, 2019). Constreñimiento es una traducción literal del término inglés *constraint* y se podría entender también como una modificación, una restricción o una limitación que condiciona las tareas (Torrents, 2022). Se distinguen entre constreñimientos de la persona (como por ejemplo la composición corporal, la personalidad, la condición física o la frecuencia cardiaca) y del entorno (como por ejemplo el terreno de juego, las características del objetivo, la luz o la temperatura), y los propios de la tarea, que dependerán de la relación entre los dos primeros y emergente de ella (Balague, Pol, Torrents, Ric, & Hristovski, 2019; Newell, 1986). La manipulación de estos constreñimientos puede favorecer que emerjan comportamientos más diversos u originales (Torrents, Ric, & Hristovski, 2015).

Pol et al. (2020, p.1) proponen el reemplazo del enfoque clásico en el aprendizaje o adquisición de habilidades y aptitud física por el objetivo de aumentar el potencial de diversidad e imprevisibilidad tanto de equipos y atletas a través del desarrollo de sinergias. Estos autores afirman que para crear atletas y equipos aptos (i.e. mejor adaptados al entorno local e inmediato) habrá que desarrollar la diversidad de sinergias que emergen de la manipulación estratégica

de los constreñimientos. Este desarrollo se sustenta en la interdependencia, el anidamiento temporal y la causalidad circular de los constreñimientos que actúan a diferentes niveles y escalas temporales, integrando todas las dimensiones y niveles de rendimiento de una manera correlacionada (Balagué et al., 2019). Esta misma autora y sus colaboradores proponen que, en deportes de equipo, el equipo debería de ser el principal objeto de intervención.

La manipulación de constreñimientos puede ayudar a las personas a explorar otras posibilidades de acción que, hasta entonces, posiblemente, eran desconocidas o menos frecuentes para ellas (Canton et al., 2022). Diferentes estudios han analizado cómo la manipulación de constreñimientos de la tarea puede aumentar la creatividad, especialmente en relación a la diversidad de respuestas o al denominado comportamiento exploratorio. Este se define como la cantidad de acciones coordinativas y la diversidad entre ellas que puede realizar un sistema en un tiempo y un espacio determinados bajo unos constreñimientos de la tarea concretos. Por lo tanto, el comportamiento exploratorio será diferente para cada sistema en cada situación, debido a que cada sistema tendrá su propia interacción con el entorno y actuará bajo la presión de los constreñimientos en él presentes (Hristovski et al., 2011). Por ejemplo, en una tarea aplicada al fútbol, si se toma como referencia la amplitud del equipo -entendida como la distancia que separa a los jugadores que están más lateralizados en el terreno de juego en cada momento temporal- se podrá observar como el comportamiento exploratorio del equipo en relación con esta variable serán todas las distancias posibles que se dan a lo

3. Artículos publicats o acceptats que constitueixen la tesi

largo de una serie temporal. Cuando se modifiquen ciertos constreñimientos de una situación de juego, la distribución de probabilidad de la variable antes mencionada, u otra estudiada, cambiará, propiciando la emergencia de diferentes posibilidades de acción (*affordances*) son más susceptibles de aparecer (Seifert, 2019; Withagen, De Poel, Araújo, & Pepping, 2012).

En este punto se considera importante aclarar la distinción que tradicionalmente se hace entre el comportamiento técnico y táctico, y la tendencia a analizarse de forma aislada. Sin embargo, desde la dinámica coordinativa (Kelso, 2009) esta diferencia es inexistente en cuanto a que la técnica se trata de la coordinación intrapersonal o interarticular para dar respuesta a la realización de una acción motriz, y la táctica se entendería como la coordinación interpersonal entre los integrantes de un equipo. Por lo tanto, cuando se habla de técnica y táctica debemos entender que se trata de dinámicas coordinativas a diferentes niveles o escalas de organización o coordinación del sistema (individual en una escala, pero colectivo en una escala inferior). Aun así, estos términos sí aparecerán a lo largo del manuscrito cuando se haga una referencia textual o aludiendo a determinados estudios que hayan utilizados esta terminología previamente.

Este artículo, mediante una revisión narrativa (Aguilera, 2014), pretende mostrar el estado de la cuestión en la literatura científica con relación al desarrollo y evaluación de la creatividad motriz en el fútbol, poniendo especial énfasis en la investigación centrada en una visión compleja y dinámica del comportamiento motor. La metodología

que se ha seguido para realizar esta revisión narrativa se puede consultar en la **tabla 1**. En ella, se expone la cantidad de artículos consultados que estudian específicamente la creatividad en el fútbol y datos de calidad como el índice de impacto medio y el ranking en el que se encuentran indexadas las revistas que los albergan.

La creatividad motriz en el fútbol

La literatura científica sugiere que la creatividad en el fútbol es cada vez más significativa para el éxito de los y las futbolistas durante la competición. La importancia de mostrar o desarrollar conductas creativas en el fútbol va en aumento debido a que, cada vez más, los cuerpos técnicos recaban mayor cantidad y calidad de información del comportamiento de un/a jugador/a o de un equipo rival (Fardilha & Allen, 2020; Memmert, 2011). Por lo tanto, los y las futbolistas deberán ser hábiles para ser lo más sorprendidos posibles e impredecibles para sus oponentes y así tener una ventaja sobre ellos. A su vez, deberán cooperar mostrando comportamientos predecibles para sus propios compañeros de equipo para conseguir una coordinación más eficiente entre los componentes del sistema, es decir, más predecible a través de la formación de sinergias. Cuanto mayor sea el potencial de diversidad funcional sinérgica desarrollado dentro del equipo, mayor será la imprevisibilidad para los oponentes. Esto significa que los individuos y equipos con un potencial de diversidad altamente desarrollado pueden evadir o escapar con éxito de los estados con reducidas posibilidades de conseguir unos objetivos. Esta capacidad se definió como una inteligencia biológica cooperativa-competitiva y se propusieron

algunas medidas generalizadas de la misma (Hristovski & Balagué, 2020). Esta orientación justifica una mayor investigación para definir y utilizar estas medidas en la práctica.

La mayor parte de las investigaciones se centran solo en los aspectos individuales de la creatividad y dejan de lado los comportamientos creativos que surgen de las dinámicas coordinativas entre individuos o equipos. La creatividad a nivel de comportamiento individual se considera como aquellos movimientos o decisiones variadas, flexibles y originales (Memmert & Roth, 2007). Santos, Memmert, Sampaio, & Leite (2016) proponen un Marco de Desarrollo de la Creatividad (*Creativity Developmental Framework*) en el cual incluyen elementos de creatividad basados en principios de juego fundamentales (nombrándolos también táctica individual) tanto en ataque como en defensa. Sin embargo, también desarrollan los principios de juego situacionales (a los que llaman tácticas grupales) y los principios de juego específicamente colectivos (a los que llaman tácticas de equipo), también en ataque y defensa. Desde dicha propuesta, Santos y colaboradores desarrollan cuatro componentes de evaluación de la creatividad: intentos, eficacia, versatilidad y originalidad. Además, Santos, Jimenez, Sampaio, & Leite, (2017) desarrollaron el programa de entrenamiento Skill4Genious. En este, se propone el desarrollo de la creatividad en escolares en un ambiente de enriquecimiento apropiado, es decir, que esté apoyado por un entrenamiento de pensamiento creativo, diversificación y habilidad física apoyada en los enfoques de *Teaching Games for Understanding* (TGfU), *differential learning* (aprendizaje

diferencial) y pedagogía no lineal.

Kempe & Memmert (2018) y Memmert, Baker, & Bertsch (2010) defienden que la creatividad táctica solo puede ocurrir en la fase ofensiva de un juego y no en la defensiva. Por el contrario, el entrenador de fútbol profesional José Tavares, entrevistado por Tamarit (2016) sostiene que todos los jugadores pueden ser creativos, en cualquier fase del juego, con y sin balón. En esta misma línea de trabajo, de Aggerholm, Jespersen, & Tore Ronglan (2011) se desprende que el surgimiento de la creatividad táctica puede depender no sólo de los esfuerzos individuales o cooperativos, sino también del duelo que surge en la relación con la oposición. Estos esfuerzos cooperativos que realizan deportistas y equipos para coordinarse con ellos mismos, con otros o con el entorno, son lo que se conoce como sinergias. Las sinergias son, por lo tanto, agrupamientos funcionales de elementos que son constreñidos de forma temporal para actuar coherentemente como una unidad (Kelso, 2017). Esta coherencia en la consecución de objetivos se obtiene cuando estos son comunes y significativos para el sistema (Torrents, Balagué, Hristovski, Almarcha, & Kelso, 2021).

El comportamiento denominado tradicionalmente táctico se entiende desde esta perspectiva como aquellas adaptaciones funcionales, individuales o colectivas que se producen ante las demandas que presenta un entorno dinámico (Araújo et al., 2015; Sampaio, Lago, Gonçalves, Maças, & Leite, 2014; Vilar, Araújo, Davids, & Button, 2012). La táctica está caracterizada por la adaptabilidad, estabilidad y flexibilidad (Hearn, Rodrigues, & Bridgstock, 2014; Seifert, Button, & Davids, 2013).

3. Artículos publicats o acceptats que constitueixen la tesi

La adaptabilidad se entiende como la habilidad de responder funcionalmente a los constreñimientos inmediatos del entorno. La estabilidad es la capacidad del sistema para recuperarse rápidamente de las perturbaciones externas y mantener los objetivos generales compartidos (principios de juego). La flexibilidad permite la reconfiguración de soluciones ante las perturbaciones (Ric et al., 2016).

En los deportes colectivos, como es el caso del fútbol, los entornos de juego son inestables y cambiantes (dinámicos). Para conseguir la imprevisibilidad de los/as jugadores/as y equipos ante un rival, será necesario que los/as entrenadores/as creen contextos de entrenamiento que tengan un alto potencial de imprevisibilidad conductual y, de esta manera, aumentar la aptitud del jugador/a o del equipo ante el entorno competitivo (Hristovski, 2017).

Hristovski & Balagué (2020) presentan la teoría de la inteligencia cooperativa-competitiva (CCI) y la relacionan con la creatividad como un componente significativo de la misma. La teoría de la CCI se basa en tres principios que son: la relatividad de la entropía/información funcional en los sistemas del entorno del jugador/equipo; la tendencia hacia la búsqueda de un nivel satisfactorio y suficiente de diversidad e imprevisibilidad (D/U, por sus siglas en inglés: *Diversity/Unpredictability*), y la tendencia hacia un nivel de potencial D/U no decreciente. En la defensa de esta teoría, se afirma que no hace falta que el potencial de D/U se manifieste siempre, es decir, que más no siempre significa mejor. A veces, el sistema puede mostrar acciones repetitivas, similares o menos diversas, ya que, a pesar de ello, resultan eficaces dado que el oponente no puede contrarrestarlas. Esta es otra

manifestación de la CCI. Desde el punto de vista del propio jugador o del equipo el objetivo debe ser ganar información y de mayor certidumbre (diversidad de sinergias) dentro del sistema. Esto conduce a una mayor incertidumbre para el oponente. Desde el punto de vista del rival, es necesario suprimir el potencial de diversidad y la incertidumbre del oponente. Por lo tanto, la inteligencia cooperativa dependerá fundamentalmente de cómo el/la jugador/a o el equipo gestiona el nivel adecuado de información integradora y del potencial de entropía (incertidumbre) para el oponente, mientras se encuentra continuamente bajo influencias (ambientales) perturbadoras.

Ser funcionalmente diverso significa, en la mayoría de las situaciones, poder lograr el objetivo a través de diferentes medios. Este es el estado de alta información integradora. Por ejemplo, los equipos sin experiencia no pueden diversificarse tanto funcionalmente debido a su falta de diversificación sinérgica en múltiples niveles (individual, diada o equipo). Esto les lleva a tener un alto nivel de incertidumbre dentro del equipo. Los jugadores no se anticipan a las acciones de los demás y, por lo tanto, rara vez forman sinergias funcionales. Esto conduce a un débil control de la situación. En cambio, los jugadores/equipos expertos, cuanto más potencialmente diversos sean, menos predecibles serán para los oponentes, por lo que un observador externo (espectadores u oponentes) será menos capaz de predecir cuál será la conducta que usará el sistema para satisfacer su objetivo. Cabe destacar que la creatividad es uno de los medios para hacer crecer el potencial de D/U. Por ejemplo, cuando un equipo rival suprime la conducta habitual puede ayudar a que emerja un nuevo comportamiento para

conseguir un objetivo, observándose una nueva conducta (Torrents, Balagué, Ric, & Hristovski, 2020).

La utilidad de los Juegos Reducidos para estimular el comportamiento exploratorio

Una de las tareas o ejercicios más utilizados entre los entrenadores y entrenadoras de fútbol son los juegos reducidos (JR). Los JR son contextos de entrenamiento donde el espacio o el número de participantes entre otros se pueden modificar para provocar cambios de comportamiento en los jugadores o en la forma de relacionarse o coordinarse (Ometto et al., 2018). Torrents et al. (2016) ya apuntaron que, a pesar de estar bien descritos en la literatura, la investigación relacionada con el efecto de los JR sobre el comportamiento creativo es escasa. No obstante, desde la investigación mencionada se han realizado algunos trabajos que sí se han centrado en la exploración de los efectos de determinados constreñimientos sobre los efectos del comportamiento creativo de un equipo. Por ejemplo, en este trabajo mostraron como manteniendo el número de jugadores en un equipo y variando el del otro se modificaban los comportamientos de los jugadores y la coordinación de estos. Concretamente, el estudio concluye que las situaciones de juego con superioridad numérica pueden promover un juego más regular y menos variado, mientras que los escenarios con inferioridad numérica fuerzan una exploración de acciones realizables, sugiriendo esa dificultad o contexto restrictivo como una vía de promoción de la creatividad. No obstante, esa dificultad tendrá un límite, puesto que una inferioridad excesiva será

demasiado limitante y no favorecerá el comportamiento creativo. Esto puede parecer una paradoja, ya que un contexto de juego restrictivo puede aumentar las posibilidades de actuar de un jugador o del equipo (Torrents et al., 2020). Incluso, pueden establecerse efectos contrarios dependiendo de la escala o nivel de análisis, es decir, que se produzcan relaciones multinivel donde la diversidad de soluciones a escala individual puede sostener comportamientos estables a nivel grupal (Duarte et al., 2013; Ric et al., 2016).

Tomando como referencia el último trabajo citado, en el que también se demostró que los comportamientos empezaban a ser más repetitivos en una escala temporal de decenas de segundos, Canton et al. (2019) compararon situaciones de juego con variaciones en la relación numérica de los equipos cada minuto, ya que estos desequilibrios numéricos aparecen y se disipan a lo largo de los partidos de forma local y temporal (Vilar, Araújo, Davids, & BarYam, 2013). Los resultados sugirieron que el uso de desequilibrios numéricos temporales promueve el comportamiento exploratorio de futbolistas, pero que lo hacen de diferente forma según la edad de estos.

Evaluación de la creatividad

Una vez visto qué se entiende por creatividad motriz y destacada su importancia en el deporte, concretamente en el fútbol, es importante destacar la dificultad que entraña su medición y evaluación. Esta dificultad existe, básicamente, por los distintos componentes que, según los autores, definen la creatividad y, también, según si se evalúa la creatividad del/la jugador/a o del equipo.

3. Artículos publicats o acceptats que constitueixen la tesi

TABLEA 1 | Características de las fuentes usadas para este estudio en relación a la creatividad en el fútbol.

Autores/as	Tipo de estudio	Objetivo del artículo	Índice de Impacto	Rankings
Aggerholm, K., Jespersen, E., & Tore Ronglan, L. (2011). Falling for the feint—an existential investigation of a creative performance in high-level football. <i>Sport, Ethics and Philosophy</i> , 5(3), 343–358.	Revisión narrativa	Análisis de la finta en el fútbol como un fenómeno creativo.	SJR:0.188 (2011)	Philosophy -- Q1 Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation -- Q2 Sports Science – Q3 Scopus: 15 citaciones
Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Guerrero, I., Hilenó, R., & Hristovski, R. (2020). Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children. <i>Creativity Research Journal</i> , 00(00), 1–10. https://doi.org/10.1080/10400419.2020.1836878	Estudio experimental	Modificación de la posición de las porterías para analizar los efectos sobre la conducta exploratoria y el patrón táctico del equipo, que pueden ser variables significativas para estudiar la creatividad en los deportes colectivos.	JIF: 2.371 (2020)	JCR Sychology, Educational in SSCI edition -- Q3 --36/61 Psychology, Multidisciplinary in SSCI edition -- Q2 -- 62/140 WoS: 2 citaciones Visual Arts and Performing Arts – Q1 Developmental and Educational Psychology – Q2 Psychology (miscellaneous) – Q2 Scopus: 2 citaciones
Fardilha, F. D. S., & Allen, J. B. (2020). Defining, assessing, and developing creativity in sport: a systematic narrative review. <i>International Review of Sport and Exercise Psychology</i> , 13(1), 104–127.	Revisión sistemática narrativa	El propósito de este trabajo fue realizar una revisión narrativa sistemática de la literatura sobre creatividad deportiva, en la que se incluye el fútbol.	JIF: 20.652 (2020)	JCR: Hospitality, leisure, Sport & Tourism in SSCI edition – Q1 -- 1/58 Psychology, Applied in SSCI edition – Q1 – 1/83 WoS: 6 citaciones
Kempe, M., & Memmert, D. (2018). “Good, better, creative”: the influence of creativity on goal scoring in elite soccer. <i>Journal of Sports Sciences</i> , 36(21), 2419–2423.	Estudio experimental	Investigar el nivel de creatividad de los goles marcados en el fútbol la Copa del Mundo del 2010 y del 2014, así como en la Euro Copa del 2016.	JIF: 2.811 (2018)	JCR: Sports Science in SCIE edition – Q1 WoS: 21 citaciones Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation – Q1 Sports Science –Q1 Orthopedics and Sports Medicine – Q1 Scopus: 25 citaciones
Memmert, D. (2010). Testing of tactical performance in youth elite soccer. <i>Journal of Sports Science and Medicine</i> , 9, 199–205.	Estudio experimental	Evaluar situaciones de juego orientadas tácticamente para jugadores de fútbol de gran talento de 12-13 años y analizar el desarrollo dinámico e intra-individual de los jugadores.	JIF: 0.676 (2010)	JCR: Sports Science in SCIE edition–Q3 – 59/80 WoS: Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation – Q2 Sports Science – Q3 Orthopedics and Sports Medicine – Q2 Scopus: 45 citaciones"

3.4. Desarrollo y evaluación de la creatividad motriz en el fútbol: estado de la cuestión

Memmert, D. (2011). Sports and creativity. <i>Encyclopedia of Creativity</i> , 2, 373–378.	Revisión narrativa	Se trata de una enciclopedia que presenta términos relacionados con la creatividad en el fútbol.	JIF: No SJR: No	-- --
Memmert, D. (2015a). Development of tactical creativity in sports. In <i>Routledge handbook of sport expertise</i> (pp. 363–372). Routledge.	Capítulo de libro	Trata el desarrollo de la creatividad táctica en los deportes.	Scholarly Publishers Indicators (SPI) (2018): Ranking general ICEE 1153, puesto 3 de 96 Ranking temático (educación) ICEE 100, puesto 1 de 28. Editorial elegida por WoS dentro de su colección Book Citation Index. ((Publishers - Clarivate (wokinfo.com))	
Memmert, D. (2015b). <i>Teaching tactical creativity in sport: Research and practice</i> . Routledge.	Capítulo de libro	Trata sobre la enseñanza de la creatividad táctica en el deporte (incluido el fútbol).	Scholarly Publishers Indicators (SPI) (2018): Ranking general ICEE 1153, puesto 3 de 96 Ranking temático (educación) ICEE 100, puesto 1 de 28. Editorial elegida por WoS dentro de su colección Book Citation Index. ((Publishers - Clarivate (wokinfo.com))	
Memmert, D., Baker, J., & Bertsch, C. (2010). Play and practice in the development of sport specific creativity in team ball sports. <i>High Ability Studies</i> , 21(1), 3–18.	Estudio experimental	Este estudio examinó el papel de las condiciones de la práctica en la desarrollo del comportamiento creativo en los deportes de pelota en equipo (incluido el fútbol).	JIF: 0.704 (2010) SJR: 0.488 (2010)	JCR: Education, Special in SSCI edition–Q3 – 20/36 Psychology, Educational in SSCI edition – n/a – n/a WoS: 116 citaciones Education – Q2 Scopus: 131 citaciones
Memmert, D., & Roth, K. (2007). The effects of non-specific and specific concepts on tactical creativity in team ball sports, <i>Journal of Sports Sciences</i> , 25(12), pp. 1423-1432. https://doi.org/10.1080/02640410601129755	Estudio experimental	El objetivo principal de este estudio fue examinar la eficacia de varios enfoques de entrenamiento en deportes de pelota en equipo para el desarrollo de creatividad táctica (incluido el fútbol).	JIF: 1.441 (2007) SJR: 0.988 (2007)	JCR: Sport Sciences in SCIE edition–Q2 – 24/72 WoS: 98 citaciones Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation – Q1 Sports Science – Q1 Orthopedics and Sports Medicine –Q1 Scopus: 112 citaciones
Ometto, L., Vasconcellos, F. V. A. A., Cunha, F. A., Teoldo, I., Souza, C. R. B., Dutra, M. B., ... Davids, K. (2018). How manipulating task constraints in small-sided and conditioned games shapes emergence of individual and collective tactical behaviours in football: A systematic review. <i>International Journal of Sports Science and Coaching</i> , 13(6), 1200–1214. https://doi.org/10.1177/1747954118769183	Revisión sistemática	Investigar qué constreñimientos de las tareas se han manipulado con mayor frecuencia en los estudios de JR; y qué impacto tuvo cada constreñimiento en los comportamientos tácticos emergentes, las acciones técnico-tácticas y las relaciones posicionales entre los jugadores.	JIF: 1.253 (2018) SJR: 0.577 (2018)	JCR: Hospitality, Leisure, Sport & Tourism in SSCI edition –Q4 – 40/52 Psychology, Applied in SSCI edition – Q3 – 57/82 WoS: 49 citaciones Sports Science – Q3 Social Sciences (miscellaneous) – Q2 Scopus: 49 citaciones

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

Autores/as	Tipo de estudio	Objetivo del artículo	Índice de Impacto	Rankings
<p>Rasmussen, L. J. T., Glăveanu, V. P., & Østergaard, L. D. (2020). Exploring the multifaceted role of creativity in an elite football context. <i>Qualitative Research in Sport, Exercise and Health</i>, 12(2), 256–271.</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>El propósito de este estudio fue explorar, analizar y contrastar cualitativamente diferentes concepciones de la creatividad en el fútbol.</p>	<p>JIF: 6.736 (2020)</p>	<p>JCR: Hospitality, Leisure, Sport & Tourism in SSCI edition – Q1 – 12/58 Psychology, Applied in SSCI edition – Q1 – 12/83 Sport Sciences in SCIE edition – Q1 – 4/88 WoS: 5 citaciones</p> <hr/> <p>SJR: 1.413 (2020) Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation – Q1 Sports Science – Q1 Social Psychology – Q1 Health (social science) – Q1 Scopus: 5 citaciones</p>
<p>Roca, A., Ford, P. R., & Memmert, D. (2018). Creative decision making and visual search behavior in skilled soccer players. <i>PLoS One</i>, 13, e0199381.</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>El objetivo de este estudio fue identificar los comportamientos de búsqueda visual que sustentan el rendimiento creativo de los jugadores de fútbol durante un partido simulado de fútbol 11.</p>	<p>JIF: 2.776 (2018)</p>	<p>JCR: Multidisciplinary Sciences in SCIE edition – Q2 – 24/69 Biology in SCIE edition – n/a – n/a WoS: 25 citaciones</p> <hr/> <p>SJR: 1.1 (2018) Medicine (miscellaneous) – Q1 Biochemistry, Genetics and Molecular Biology (miscellaneous) – Q1 Agricultural and Biological Sciences (miscellaneous) – Q1 Scopus: 35 citaciones</p>
<p>Roca, A., Ford, P. R., & Memmert, D. (2020). Perceptual-cognitive processes underlying creative expert performance in soccer. <i>Psychological Research</i>, 1–10.</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>El objetivo de este estudio fue determinar los procesos perceptuales y cognitivos subyacentes que sustentan el desempeño creativo en el fútbol.</p>	<p>JIF: 2.956 (2020)</p>	<p>JCR: Psychology Experimental in SSCI edition – Q2 – 37/91 WoS: 11 citaciones</p> <hr/> <p>SJR: 1.117 (2020) Arts and Humanities (miscellaneous) – Q1 Medicine (miscellaneous) – Q1 Developmental and Educational Psychology – Q1 Experimental and Cognitive Psychology – Q2 Scopus: 12 citaciones</p>
<p>Santos, S., Coutinho, D., Gonçalves, B., Schöllhorn, W., Sampaio, J., & Leite, N. (2018). Differential Learning as a Key Training Approach to Improve Creative and Tactical Behavior in Soccer. <i>Research Quarterly for Exercise and Sport</i>, 1367, 1–14. https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1412063</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>El objetivo de este estudio fue identificar los efectos de un programa de aprendizaje diferencial, integrado en juegos reducidos, en el comportamiento creativo y táctico de jugadores de fútbol juvenil.</p>	<p>JIF: 2.032 (2018)</p>	<p>JCR: Hospitality, Leisure, Sport & Tourism in SSCI edition – Q2 – 26/52 Psychology in SCIE edition – Q3 – 42/77 WoS: 47 citaciones</p> <hr/> <p>SJR: 0.742 (2018) Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation – Q1 Sports Science – Q3 Medicine (miscellaneous) – Q2 Nephrology – Q2 Orthopedics and Sports Medicine – Q2 Scopus: 47 citaciones</p>

<p>Santos, S., Jimenez, S., Sampaio, J., & Leite, N. (2017). Effects of the Skills4Genius sports-based training program in creative behavior. <i>PloS One</i>, 12(2), e0172520.</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>El propósito de este estudio fue doble: primero, tenía la intención de identificar los efectos del programa de entrenamiento de base deportiva Skills4Genius en el pensamiento, la motricidad y el comportamiento creativo en el juego en los deportes de equipo. En segundo lugar, tenía como objetivo investigar la relación entre el pensamiento creativo y la creatividad en el juego (incluido el fútbol).</p>	<p>JIF: 2.766 (2017)</p>	<p>JCR: Multidisciplinary Sciences in SCIE edition – Q1 – 15/64 Biology in SCIE edition – n/a –n/a WoS: 28 citaciones</p>
<p>Santos, S., Memmert, D., Sampaio, J., & Leite, N. (2016). The spawns of creative behavior in team sports: A creativity developmental framework. <i>Frontiers in Psychology</i>, 7(AUG), 1–14. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01282</p>	<p>Artículo divulgativo</p>	<p>Presentar el marco de desarrollo de la creatividad para proporcionar una base científica.</p>	<p>JIF:2.321 (2016)</p>	<p>JCR: Psychology, multidisciplinary in SSCI edition – Q2 – 33/129 WoS: 55 citaciones</p>
<p>Torrents, C., Ric, A., Hristovski, R., Torres-Ronda, L., Vicente, E., & Sampaio, J. (2016). Emergence of exploratory, technical and tactical behavior in small-sided soccer games when manipulating the number of teammates and opponents. <i>PLoS ONE</i>, 11(12), 1–15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168866</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>El objetivo de este estudio fue examinar cómo los constreñimientos, el número de oponentes y compañeros de equipo, afectan el comportamiento técnico, táctico y exploratorio en juegos reducidos, tanto en jugadores profesionales como aficionados (se relaciona el comportamiento exploratorio con la creatividad).</p>	<p>JIF: 2.806 (2016)</p>	<p>JCR: Multidisciplinary Sciences in SCIE edition – Q1 – 15/64 Biology in SCIE edition – n/a –n/a WoS: 39 citaciones</p>
			<p>SJR: 1.236 (2016)</p>	<p>Medicine (miscellaneous) – Q1 Biochemistry, Genetics and Molecular Biology (miscellaneous) – Q1 Agricultural and Biological Sciences (miscellaneous) – Q1 Scopus: 42 citaciones</p>

3. Artículos publicats o acceptats que constitueixen la tesi

Tradicionalmente se ha analizado el pensamiento creativo y se ha definido como la aptitud del pensamiento divergente (Guilford, 1950) o como la capacidad para percibir un problema, «buscar soluciones, dibujar hipótesis, evaluarlas y comunicar sus resultados» (Torrance, 1969, p. 4). Estas definiciones se centran en procesos cognitivos y lineales relacionados con la capacidad de pensar, de imaginar y que promueven el inicio de la acción. Por lo tanto, es insuficiente para explicar cómo se produce el acto motor creativo (Torrents et al., 2020). Las herramientas que se han utilizado para medir el grado de creatividad en psicología poco tienen que ver con el deporte, ya que no aportan información sobre los procesos de auto organización e interacción con el entorno.

Siguiendo con una perspectiva de entender el comportamiento de forma secuencial y lineal, Tenenbaum (2003) postuló que el proceso de toma de decisiones comienza al prestar atención a las señales del entorno, lo que permite a un individuo seleccionar información relevante. Luego, mientras se ejecuta la acción, se analizan los cambios en el entorno para que se puedan explorar y ejecutar acciones alternativas.

A partir de esta base teórica de procesamiento secuencial de la información, se han desarrollado varias herramientas de medición para evaluar el proceso de toma de decisiones creativas a través de la observación de vídeo de situaciones de juego. Uno de los métodos más utilizados requiere que los atletas vean un video que muestre una jugada ofensiva específica del deporte en el que se les indique que se imaginen a sí mismos como el jugador que realiza la acción. Cuando se debe realizar una

acción, la imagen se congela y el atleta debe nombrar tantas soluciones como sea posible en relación con lo que ve. Posteriormente, los expertos deportivos analizan las respuestas en términos de fluidez, flexibilidad y originalidad (Memmert, 2015a). Se podría considerar este tipo de observación y evaluación de la creatividad deportiva como una representación artificial de la complejidad de la realidad deportiva (Richard & Runco, 2020). El hecho de ser capaz de proponer verbalmente soluciones a un problema motriz no implica en absoluto que esa persona ejecutara ese tipo de soluciones en el caso de enfrentarse a dicho contexto de juego. Por ello, se ha creado la observación de situaciones de juegos para cerrar la brecha entre los test tácticos estandarizados y los métodos de observación de juego (Memmert, 2010). La observación de situaciones de juego son formas de juego simples que involucran un solo componente táctico a la vez, con un número fijo de jugadores, así como reglas y condiciones del entorno (Memmert, 2010). El video de los comportamientos registrados es luego calificado por varios expertos independientes usando una escala preestablecida que describe los criterios de originalidad y flexibilidad (Memmert, 2015b).

También se ha evaluado la búsqueda visual de comportamientos de jugadores de fútbol que toman decisiones durante una tarea de creatividad representativa y específica del fútbol a través del registro del movimiento ocular (Roca, Ford, & Memmert, 2018). Para proporcionar mayor conocimiento sobre el proceso de percepción-cognición se han usado, juntamente con la grabación del movimiento ocular, los informes verbales de pensamientos para identificar los

procesos que subyacen al desempeño creativo durante una tarea de creatividad representativa y específica del fútbol (Roca, Ford, & Memmert, 2020).

A partir de la crítica a las investigaciones que separan la acción motriz de la generación de ideas, ha crecido el interés por utilizar técnicas más novedosas que se están empezando a usar para medir la predictibilidad y que generalmente capturan la variedad de patrones de comportamiento, o evaluar la regularidad de comportamientos entre jugadores. Dado que el comportamiento de los sistemas es complejo se han introducido técnicas de análisis no lineal de las variables para su estudio. Se puede encontrar un amplio abanico de estudios que han usado algunas de estas medidas, como la entropía, para realizar esta evaluación a partir de variables derivadas de datos posicionales (ver Low et al., 2019 para una revisión). Algunas de estas técnicas son: la entropía aproximada (ApEn), la entropía muestral (SampEn), la entropía de Shannon (ShannonEn) y la entropía en múltiples escalas o multiescala (MSE). Cabe mencionar que ninguna de ellas valora la originalidad de un comportamiento, pero sí que guarda relación con la flexibilidad o la fluidez como elemento clave de la creatividad. La superposición (*overlap*) como medida de similitud (Hristovski et al., 2011) se ha utilizado para definir cuan atípico es un comportamiento, es decir, la originalidad de los patrones de acción. Esta medida general de superposición puede tener diferentes formas específicas, por ejemplo, la congruencia de Tucker que se puede utilizar para encontrar la atipicidad mutua de la estructura de dos Componentes Principales.

El *dynamic overlap* se ha utilizado para medir la fluidez y la flexibilidad del comportamiento motor (Hristovski et al., 2013). Torrents, Hristovski, & Balagué, (2013) fueron los predecesores en usar esta técnica para medir el comportamiento exploratorio en una práctica colectiva tomando como referencia trabajos previos en los que esta se aplicó en deportes individuales (Hristovski, Davids, Araújo, & Button, 2006). Específicamente en fútbol, se ha usado el *dynamic overlap* para cuantificar el comportamiento exploratorio en futbolistas según si se manipulaba el espacio de interacción de los jugadores (Ric et al., 2017) o el número de jugadores (Canton et al., 2019; Ric et al., 2016; Ric, Hristovski, & Torrents, 2015; Ric et al., 2017; Torrents et al., 2016). Además, el *dynamic overlap* se ha usado para medir la creatividad en fútbol al modificar la posición de las porterías (Canton et al., 2020). Esta herramienta tiene en consideración dos componentes y condiciones necesarias de la creatividad, como son: la amplitud de respuestas variadas que produce un sistema (flexibilidad) y su ritmo de cambio (fluidez).

El *dynamic overlap* se ha usado también para aportar información sobre la escala temporal en la cual el comportamiento exploratorio se satura y facilita la posibilidad de identificar la similitud de configuraciones de acción a diferentes escalas temporales. De esta manera, se pueden priorizar tareas cambiantes que no permitan al futbolista caer en una especie de zona de confort (atractor) y de esta manera promover un flujo constante de comportamientos cambiantes. Esto ayudará a los/as deportistas y equipos a experimentar un abanico más amplio de posibilidades de acción, para que el día

3. Artículos publicats o acceptats que constitueixen la tesi

de partido puedan afrontar la realidad del juego con mayores garantías.

Además, el *dynamic overlap* aporta información sobre la similitud media de los patrones de juego que se dan en escalas temporales incrementales. Por lo tanto, también aporta información sobre la fluidez de un comportamiento, es decir, sobre el número de respuestas que se dan en una tarea.

Por ejemplo, Canton et al. (2019), en un estudio en el que cambiaron el número de jugadores en un juego reducido cada minuto para jugadores de categorías sub-23 y sub-15, observaron que para los jugadores del grupo sub-23, el valor promedio de q_{stat} disminuyó mediante el uso de desequilibrios numéricos temporales, con un aumento en la amplitud exploratoria. En cuanto a la ratio de exploración (alfa), esta mostró efectos poco claros para ambas situaciones. Para el grupo de edad sub-15, el valor medio de q_{stat} disminuyó de forma poco clara de una situación en equilibrio numérico a otra en desequilibrio, pero el ritmo de exploración sí que se vio reducido.

Paralelamente, el análisis de Componentes Principales y su jerarquía (PCA y hPCA por sus siglas en inglés, respectivamente) y el coeficiente de Tucker se han usado para evaluar la originalidad, rareza y atipicidad de los comportamientos que se originan a nivel colectivo en una determinada tarea, sobre todo en los juegos reducidos en fútbol.

La técnica del PCA es un método estadístico multivariado propuesto para analizar patrones coordinativos de movimiento de gran tamaño (Daffertshofer, Lamoth, Meijer, & Beek, 2004; Forner-Cordero, Levin, Li, &

Swinen, 2005). Este método consiste en «reducir el tamaño de grandes conjuntos de datos para obtener un número más reducido de componentes subyacentes que expliquen la mayor parte de la varianza y que resuman la información de las variables originales» (Ric, Torrents, Gonçalves, Sampaio, & Hristovski, 2016, p. 3).

La técnica del PCA se ha utilizado para capturar la variabilidad posicional de futbolistas (Barros, Cunha, Magalhaes, & Guimarães, 2006). Además, Moura et al. (2015) utilizaron este método aplicándolo a la posición media en el campo de cada jugador para obtener la organización colectiva durante partidos de fútbol. Torrents et al. (2016) usaron la técnica de PCA en JR para analizar patrones coordinativos cuando se juega en superioridad o inferioridad de jugadores. Con el mismo propósito, Canton et al. (2020) usaron también esta técnica

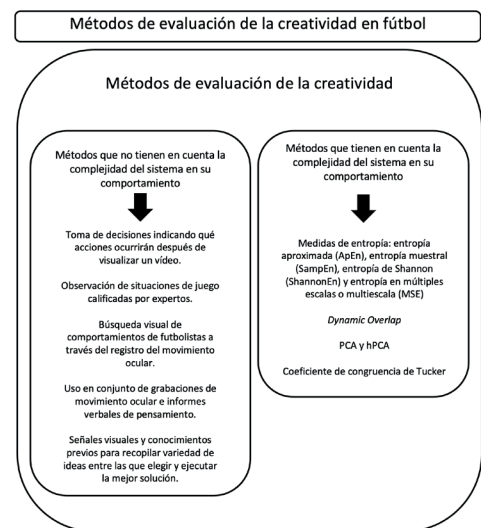


FIGURA 1 | Síntesis de los métodos de evaluación y entrenamiento de la creatividad en el fútbol.

en situaciones en las que se cambió la ubicación de las porterías sobre el terreno de juego en un JR.

La técnica del hPCA (Análisis de Componentes Principales jerarquizados) consiste, de la misma forma que el PCA, en reducir una gran cantidad de datos originales, de una alta dimensión a una menor. El hPCA trata las correlaciones de los PC de primer orden extraídos como una nueva entrada para reducir aún más la dimensionalidad a un menor número de PC que serán de un orden superior. Este procedimiento continúa hasta el momento en que no se detectan más correlaciones significativas entre los PC. Este tipo de análisis sirve, por lo tanto, para determinar cuál es el PC de mayor orden, es decir, proporciona información sobre los patrones coordinativos más estables o persistentes de futbolistas y/o equipos. Por ejemplo, Ric, Torrents, et al. (2016) mostraron a través del hPCA como se modifica el comportamiento de un equipo después de recibir un gol. Por otro lado, Canton et al. (2020) también usaron esta técnica para identificar los patrones coordinativos más estables de un equipo de fútbol cuando se modificó el posicionamiento de las porterías o cuando se modificó la superioridad e inferioridad numérica durante el transcurso de un JR (Canton et al., 2017).

El Coeficiente de Tucker también se ha usado para valorar el nivel de similitud entre patrones de juego y, por lo tanto, informa sobre cuán atípicos u originales son unos determinados patrones coordinativos entre sí (Canton et al., 2020).

Además de estos métodos de análisis conocemos la existencia de otras técnicas /medidas de complejidad no lineales

que se han utilizado en el estudio del comportamiento táctico en el fútbol, con el fin de medir la previsibilidad de estos comportamientos. En cuanto a las medidas de previsibilidad, estas generalmente examinaban señales temporales de periodicidad o patrones de repetitividad. Estas técnicas son la entropía aproximada (ApEn), la entropía muestral (SampEn) o la entropía de Shannon (ShannonEn). Consultar la **figura 1** para una síntesis de los métodos de evaluación de la creatividad en el fútbol usados hasta el momento.

Aplicaciones prácticas y entrenamiento de la creatividad

Desde la perspectiva de los sistemas complejos adaptativos, se han estudiado diferentes formas para entrenar la creatividad en el fútbol. Por ejemplo, existen investigaciones sobre el entrenamiento de acciones técnicas aisladas a través del aprendizaje diferencial (Santos et al., 2018; Schöllhorn et al., 2012), sobre comportamientos creativos que emergen durante los JR (Canton et al., 2020; Canton et al., 2019; Torrents et al., 2016) y relacionadas con situaciones de partido (Ric, Torrents, et al., 2016; Ric et al., 2017).

Rasmussen, Glăveanu, & Østergaard (2020) consideran que hay una falta de investigación sobre cómo los cuerpos técnicos perciben y aplican las actividades que fomentan la creatividad y cómo esto afecta el proceso creativo. Para ello, estudiaron las condiciones personales y culturales que permiten u obstruyen el diseño y la aplicación de ejercicios creativos para facilitar la exploración de nuevos potenciales de acción por parte de los jugadores de fútbol juvenil de élite.

3. Artículos publicats o acceptats que constitueixen la tesi

Concretament, estos autors van fer un repàs de les formes en que alguns entrenadors conciben la creativitat, la seva importància en el futbol i la seva aplicació en la pràctica a través de entrevistes semiestructurades. El anàlisi va conduir a diverses metàfores que capturen diversos significats, beneficis i aplicacions de la creativitat en el futbol (per exemple: productivitat, coreografia, disseny, engany, cocreació, estil, exploració o transgressió). Se creu que estos resultats poden estimular la creativitat amb l'objectiu de solucionar problemes, facilitar l'aprenentatge o augmentar les possibilitats de guanyar partits.

Per desenvolupar la creativitat, es poden utilitzar les metodologies nomenades anteriorment u altres que dissenyen les/os entrenadores/es a partir de la modificació de restriccions, encara que el canvi fonamental ha de ser la transformació del paradigma en el que es basa l'entrenament (Pol et al., 2020). Si utilitzem el marc de referència descrit en aquest article, el desenvolupament de la creativitat ha de ser inherent a qualsevol proposta específica, ja que l'objectiu ha de ser precisament l'augment del potencial de diversitat i imprevisibilitat (Hristovski & Balagué, 2020). La manipulació de restriccions tindrà en compte la interdependència i anidació en diferents nivells i escales (Balagué et al., 2019). El comportament de les/os atletes emergeix a partir de la interacció de components en escales inferiors (ej. òrgans, cèl·lules, àtoms). De la mateixa forma, el comportament del equip emergeix de la interacció de seus individus i es regiren per els mateixos principis propis de tot sistema complex adaptatiu.

Per tant, qualsevol de les

metodologies mencionades anteriorment serien vàlides per entrenar la creativitat en el futbol. Encara que així, proposem l'ús d'un ampli abanec de tasques, ja sigui mitjançant jocs reduïts o situacions de partit com eines per incrementar el potencial de Diversitat i Imprevisibilitat (potencial D/U). Seria recomanable oferir a les i els deportistes situacions de joc representatives de la realitat però que siguin suficientment canviants per que suponguin un repte i jugadors/as i equips no caiguin en una monotonia de comportaments. Si tinguéssim que donar algunes recomanacions per incrementar la creativitat de futbolistes i equips de futbol basades en la literatura revisada en aquest article serien: 1) variabilitat de situacions d'entrenament; 2) ús de restriccions en els jocs reduïts; 3) tasques canviants a les desenes de segons; 4) tasques que suponguin un repte per a deportistes.

Un altre aspecte fonamental serà el fet de que els equips tècnics considerin la creativitat com un objectiu fonamental per al rendiment del seu equip i que aquest objectiu sigui compartit amb l'equip i amb el rest de persones pertanyents als altres grups de persones que participen en el procés (club, afició...). Això també facilitarà la creació del clima de seguretat, obertura i confiança imprescindible per que es desenvolupi la creativitat.

Els principis de la complexitat també nos ajuden a considerar els errors o la variabilitat del comportament com fases necessàries per que es produeixi un canvi i, en conseqüència, l'aprenentatge (Kelso, 1995). Aquesta consideració també ajudarà a que tant deportistes com equips tècnics

se atrean a experimentar con soluciones novedosas, a proponer tareas diferentes a las habituales y a que la frustración no acompañe a la exploración de nuevas propuestas. La auto-organización es otro de los principios de la complejidad que nos hace dudar sobre la estructura tan jerárquica que se suele dar en los clubs de fútbol. El co-diseño de la práctica entre jugadores y equipo técnico sería también una forma de favorecer la creatividad de los equipos, su autonomía y crecimiento (Pol et al., 2021).

CONCLUSIONES

La creatividad motriz, tanto a nivel personal como de equipo, es necesaria para crear contextos de juego diversos, suficientemente impredecibles para el rival y suficientemente predecibles para los compañeros/as de un mismo equipo.

Como se ha narrado, la creatividad se puede medir y evaluar de diferentes formas. Una de las más utilizadas en la literatura específica es el *Dynamic Overlap*, que aporta información sobre cómo de variado es el repertorio comportamental, el número de respuestas diferentes que se han realizado y la rapidez con la que el sistema responde. Otro análisis es el PCA, que informa sobre la robustez de los patrones comportamentales, y otros cálculos complementarios como el coeficiente de congruencia de Tucker, que permite evaluar la originalidad calculando la similitud entre los patrones identificados. Otros autores, como Memmert, abogan por un análisis observacional para la evaluación de la creatividad, pero se podría considerar este tipo de observación

y evaluación de la creatividad deportiva como una representación artificial de la complejidad de la realidad deportiva.

A partir del ajuste de las variables que se consideren importantes, se puede identificar si se experimenta una mayor o menor creatividad en un comportamiento determinado. Para ello, es crucial diseñar contextos de juego suficientemente variables para que jugadoras/es y equipos transiten entre estados y ver qué comportamientos emergen bajo diferentes constreñimientos, así como ver cómo su estabilidad, inestabilidad o probabilidad de ocurrencia pueden verse alterados.

Para futuros estudios se propone explorar cómo podemos relacionar las diferentes medidas de entropía con la creatividad o con la inteligencia cooperativa-competitiva (Hristovski & Balague, 2020). Pero si se quiere hacer una contribución seria a la investigación en ciencias de la actividad física y el deporte desde la perspectiva de los sistemas complejos, no será suficiente con limitarse a utilizar alguna medida no lineal (como la entropía) para analizar los datos, sino ofrecer una explicación y comprensión coherente y sistemática de los fenómenos estudiados utilizando los principios y conceptos propios de las teorías de la complejidad.

AGRADECIMIENTOS

Con el apoyo del Instituto Nacional de Educación Física de Catalunya (INEFC) de la Generalitat de Catalunya

REFERENCIAS

- Aggerholm, K., Jespersen, E., & Tore Ronglan, L. (2011). Falling for the feint—an existential investigation of a creative performance in high-level football. *Ethics and Philosophy*, 5(3), 343–358.
- Aguilera, R. (2014). ¿Revisión sistemática, revisión narrativa o metaanálisis? *Revista de La Sociedad Española Del Dolor*, 21(6), 359–360.
- Araújo, D., Passos, P., Esteves, P., Duarte, R., Lopes, J., Hristovski, R., & Davids, K. (2015). The micro-macro link in understanding sport tactical behaviours: Integrating information and action at different levels of system analysis in sport. *Movement and Sport Sciences*, 2015(89), 53–63.
- Balague, N., Pol, R., Torrents, C., Ric, A., & Hristovski, R. (2019). On the Relatedness and Nestedness of Constraints. *Sports Medicine - Open*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0178-z>
- Balague, N., Torrents, C., Hristovski, R., Davids, K., & Araújo, D. (2013). Overview of complex systems in sport. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 4–13.
- Barros, R. M. L., Cunha, S. A., Magalhaes, W. J., & Guimarães, M. F. (2006). Representation and analysis of soccer players' actions using principal components. *Journal of Human Movement Studies*.
- Canton, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Ric, A., Salvioni, F., Exel, J., & Sampaio, J. (2022). The diagonal positioning of the goals modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players. *Biology of Sport*, 39(1), 135–144.
- Canton, A., Torrents, C., Ric, Á., Gonçalves, B., Sampaio, J., Arjol, J. L., & Hristovski, R. (2017). Collective Tactical Patterns in Football SSGs by Means of hPCA. *In Complex Systems in Sport, International Congress Linking Theory and Practice* (p. 90).
- Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Gonçalves, B., Sampaio, J., & Hristovski, R. (2019). Effects of Temporary Numerical Imbalances on Collective Exploratory Behavior of Young and Professional Football Players. *Frontiers in Psychology*, 10, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01968>
- Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Guerrero, I., Hílano, R., & Hristovski, R. (2020). Exploratory Behavior and Temporal Structure of Soccer Small-Sides Games to Evaluate Creativity in Children Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children. *Creativity Research Journal*, 00(00), 1–10. <https://doi.org/10.1080/10400419.2020.1836878>
- Daffertshofer, A., Lamoth, C. J., Meijer, O. G., & Beek, P. J. (2004). PCA in studying coordination and variability: a tutorial. *Clinical Biomechanics*, 19(4), 415–428.
- Fardilha, F. D. S., & Allen, J. B. (2020). Defining, assessing, and developing creativity in sport: a systematic narrative review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 13(1), 104–127.
- Forner-Cordero, A., Levin, O., Li, Y., & Swinnen, S. P. (2005). Principal component analysis of complex multijoint coordinative movements. *Biological Cybernetics*, 93(1), 63–78.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444–454.
- Guilford, J. P. (1967). Creativity

- Yesterday, Today, and Tomorrow, *I*(1), 3–14.
- Hearn, G., Rodrigues, J. H. P., & Bridgstock, R. (2014). Learning processes in creative services teams: Towards a dynamic systems theory. In G. Hearn, R. Bridgstock, B. Goldsmith, & J. Rodgers (Eds.), *Creative work beyond creative industries* (pp. 175–192). Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Hristovski, R. (2017). Unpredictability in Competitive Environments Robert. In C. Torrents, P. Passos, & F. Cos (Eds.), *Complex Systems in Sport, International Congress. Linking Theory and Practice*. Barcelona: Frontiers. <https://doi.org/10.3389/978-2-88945-310-8>
- Hristovski, R., & Balagué, N. (2020). Theory of Cooperative-Competitive Intelligence: Principles, Research Directions, and Applications. *Frontiers in Psychology*, *11*, 2220.
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., & Button, C. (2006). How boxers decide to punch a target: Emergent behaviour in nonlinear dynamical movement systems. *Journal of Sports Science and Medicine*, *5*(CSSI-1), 60–73.
- 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. *Psychology and Life Sciences*, *15*(2), 175–206.
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., Passos, P., Torrents, C., Aceski, A., & Tufekcijski, A. (2013). Creativity in sport and dance: Ecological dynamics on a hierarchically soft-assembled perceptionaction landscape. In K. Davids, R. Hristovski, D. Araújo, N. Balagué Serre, C. Button, & P. Passos (Eds.), *Complex Systems in Sport* (pp. 261–274). London: Routledge.
- Hristovski, R., Davids, K., Passos, P., & Araújo, D. (2012). Sport Performance as a Domain of Creative Problem Solving for Self-Organizing Performer-Environment Systems. *The Open Sports Sciences Journal*, *5*(1), 26–35. <https://doi.org/10.2174/1875399X01205010026>
- Kelso, J. A. S. (2009). Coordination Dynamics. In R. A. Meyers (Ed.), *Encyclopedia of complexity and system science* (pp. 1537–1564). New York: Springer Science+Buisiness Media, LLC.
- Kelso, J. A. S. (2017). Principles of Coordination: Synergies of Synergies! In C. Torrents, P. Passos, & F. Cos (Eds.), *Complex Systems in Sport, International Congress Linking Theory and Practice* (pp. 13–17). Barcelona.
- Kempe, M., & Memmert, D. (2018). «Good, better, creative»: the influence of creativity on goal scoring in elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, *36*(21), 2419–2423.
- Low, B., Coutinho, D., Gonçalves, B., Rein, R., Memmert, D., & Sampaio, J. (2019). A Systematic Review of Collective Tactical Behaviours in Football Using Positional Data. *Sports Medicine*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01194-7>
- Memmert, D. (2010). Testing of tactical performance in youth elite soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, *9*, 199–205.
- Memmert, D. (2011). Sports and creativity. *Encyclopedia of Creativity*, *2*, 373–378.
- Memmert, D. (2015a). Development of tactical creativity in sports. In *Routledge handbook of sport expertise* (pp. 363–372). Routledge.
- Memmert, D. (2015b). *Teaching tactical*

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

- creativity in sport: Research and practice*. Routledge.
- Memmert, D., Baker, J., & Bertsch, C. (2010). Play and practice in the development of sport specific creativity in team ball sports. *High Ability Studies*, 21(1), 3–18.
- Memmert, D., & Roth, K. (2007). The effects of non-specific and specific concepts on tactical creativity in team ball sports, (November 2007). <https://doi.org/10.1080/02640410601129755>
- Moura, F. A., Santana, J. E., Vieira, N. A., Roberto, P., Santiago, P., & Cunha, S. A. (2015). Analysis of Soccer Players' Positional Variability During the 2012 UEFA European Championship/ : A Case Study by, 47(September), 225–236. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0078>
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. In M. G. Wade & H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341–360). Dordrecht, the Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Ometto, L., Vasconcellos, F. V. A. A., Cunha, F. A., Teoldo, I., Souza, C. R. B., Dutra, M. B., ... Davids, K. (2018). How manipulating task constraints in small-sided and conditioned games shapes emergence of individual and collective tactical behaviours in football: A systematic review. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 13(6), 1200–1214. <https://doi.org/10.1177/1747954118769183>
- Pol, R., Balagué, N., Ric, A., Torrents, C., Kiely, J., & Hristovski, R. (2020). Training or Synergizing/ ? Complex Systems Principles Change the Understanding of Sport Processes. *Sports Medicine - Open*, 6(1), 1-13.
- Rasmussen, L. J. T., Glăveanu, V. P., & Østergaard, L. D. (2020). Exploring the multifaceted role of creativity in an elite football context. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 12(2), 256–271.
- Renshaw, I., & Chow, J. Y. (2019). A constraint-led approach to sport and physical education pedagogy. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 24(2), 103-116.
- Ric, A., Hristovski, R., Gonçalves, B., Torres, L., Sampaio, J., & Torrents, C. (2016). Timescales for exploratory tactical behaviour in football small-sided games. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1723–1730. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1136068>
- Ric, A., Hristovski, R., & Torrents, C. (2015). Can joker players favor the exploratory behavior in football small-sided games? *Research in Physical Education, Sport and Health*, 4(2), 35–39.
- Ric, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Sampaio, J., & Hristovski, R. (2016). Soft-assembled multilevel dynamics of tactical behaviors in soccer. *Frontiers in Psychology*, 7(OCT), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01513>
- Ric, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Torres-Ronda, L., Sampaio, J., & Hristovski, R. (2017). Dynamics of tactical behaviour in association football when manipulating players' space of interaction. *PLoS ONE*, 12(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180773>
- Richard, V., Lebeau, J. C., Becker, F., Inglis, E. R., & Tenenbaum, G. (2018). Do more creative people adapt better? An investigation into the association between creativity and adaptation. *Psychology of Sport and Exercise*, (38), 80–89.
- Richard, V., & Runco, M. A. (2020). Creativity: The Emergence of a

- New Dimension of Sport Expertise. *Handbook of Sport Psychology*, 632–649.
- Roca, A., Ford, P. R., & Memmert, D. (2018). Creative decision making and visual search behavior in skilled soccer players. *PLoS One*, *13*, e0199381.
- Roca, A., Ford, P. R., & Memmert, D. (2020). Perceptual-cognitive processes underlying creative expert performance in soccer. *Psychological Research*, 1–10.
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, *24*(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>
- Runco, M. A., & Kim, D. (2018). The four Ps of creativity: Person, Product, Process, and Press. In J. Stein (Ed.), *Reference Module in Neuro science and Biobehavioral Psychology*. Elsevier.
- Sampaio, J., Lago, C., Gonçalves, B., Maçãs, V., & Leite, N. (2014). Effects of pacing, status and unbalance in time motion variables, heart rate and tactical behaviour when playing 5-a-side football small-sided games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *17*(2), 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.04.005>
- Santos, S., Coutinho, D., Gonçalves, B., Schöllhorn, W., Sampaio, J., & Leite, N. (2018). Differential Learning as a Key Training Approach to Improve Creative and Tactical Behavior in Soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *1367*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1412063>
- Santos, S., Jimenez, S., Sampaio, J., & Leite, N. (2017). Effects of the Skills4Genius sports-based training program in creative behavior. *PloS One*, *12*(2), e0172520.
- Santos, S., Memmert, D., Sampaio, J., & Leite, N. (2016). The spawns of creative behavior in team sports: A creativity developmental framework. *Frontiers in Psychology*, *7*(AUG), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01282>
- Schöllhorn, W. I., Hegen, P., & Davids, K. (2012). The nonlinear nature of learning— A differential learning approach. *The Open Sports Sciences Journal*, *5*, 100–112.
- Seifert, L. (2019). FIELD OF PROMOTED ACTIONS AND AFFORDANCES: TOWARD NON-LINEAR PEDAGOGY. *Université Le Havre Normandie France*, *77*, 31.
- Seifert, L., Button, C., & Davids, K. (2013). Key properties of expert movement systems in sport. *Sports Medicine*, *43*(3), 167–178.
- Tamarit, X. (2016). Periodización táctica versus Periodización táctica. Buenos Aires: Librofutbol.com.
- Tenenbaum, G. (2003). Expert athletes: An integrated approach to decision making. In J. L. Starkes & K. A. Ericsson (Eds.), *Expert performance in sports* (pp. 191–218). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Torrance, E. P. (1969). Creativity. What research says to the teacher. Series n. 28. *Washington: National Education Association*.
- Torrents, C. (2022). *A mi musa la invento yo: Un librojuego sobre creatividad, sistemas complejos y Jorge Drexler*. Madrid: Libros.com
- Torrents, C., Balagué, N., Hristovski, R., Almarcha, M., & Kelso, J. A. (2021). Metastable Coordination Dynamics of Collaborative Creativity in Educational Settings. *Sustainability*, *13*(5), 2696.
- Torrents, C., Balagué, N., Ric, Á., Hristovski, R., Ric, A., & Hristovski, R. (2020). The motor creativity paradox/ : Constraining to release degrees of freedom . *Psychology of Aesthetics Creativity and the Arts*, (January).

3. Articles publicats o acceptats que constitueixen la tesi

- <https://doi.org/10.1037/aca0000291>
- Torrents, C., Hristovski, R., & Balagué, N. (2013). Creatividad y emergencia espontánea de habilidades de danza. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, (24), 129–134.
- Torrents, C., Ric, A., & Hristovski, R. (2015). Creativity and emergence of specific dance movements using instructional constraints. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(1), 65–74. <https://doi.org/10.1037/a0038706>
- Torrents, C., Ric, A., Hristovski, R., Torres-Ronda, L., Vicente, E., & Sampaio, J. (2016). Emergence of exploratory, technical and tactical behavior in small-sided soccer games when manipulating the number of teammates and opponents. *PLoS ONE*, 11(12), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168866>
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Bar-Yam, Y. (2013). Science of winning soccer: Emergent pattern-forming dynamics in association football. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 73–84. <https://doi.org/10.1007/s11424-013-2286-z>
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Button, C. (2012). The Role of Ecological Dynamics in Analysing Performance in Team Sports, 42(1), 1–10.
- Walia, C. (2019). A dynamic definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 31(3), 237–247.
- Withagen, R., De Poel, H. J., Araújo, D., & Pepping, G. J. (2012). Affordances can invite behavior: Reconsidering the relationship between affordances and agency. *New Ideas in Psychology*, 30(2), 250–258





PART 4

DISCUSSIÓ GLOBAL DELS RESULTATS

4.1. Síntesi de les troballes principals, aportacions teòriques i metodològiques, i aplicacions pràctiques

4.2. Limitacions i perspectives de recerca futures

4.1. SÍNTESI DE LES TROBALLES PRINCIPALS, APORTACIONS TEÒRIQUES I METODOLÒGIQUES, I APLICACIONS PRÀCTIQUES

El primer dels objectius principals de la tesi va ser estudiar com la modificació de constreyniments de la tasca pot afavorir el desenvolupament de la creativitat motriu en el futbol masculí en diferents edats, nivells i categories. Concretament, estudiar els efectes de la modificació del nombre d'oponents i companys en diferents intervals de temps, i la ubicació de la posició reglamentària de les porteries.

En el primer estudi es va investigar com l'ús de desequilibris numèrics temporals en JRs afecten el comportament exploratori de diferents equips de futbol en diferents categories d'edat. Els resultats van mostrar que la manipulació del nombre de companys i oponents a intervals d'un minut va promoure el comportament exploratori dels jugadors de futbol. No obstant això, va haver-hi diferències en el comportament exploratori segons si ens trobàvem davant de futbolistes de categoria sots-15 o categoria sots-23. Per a la categoria sots-15 anys es va observar un augment del comportament exploratori a curt i llarg termini, en canvi, a la categoria sots-23, l'augment de l'exploració del comportament va ser poc clar a curt termini però molt important a llarg termini. Mitjançant la creació de nous entorns a través dels desequilibris numèrics temporals (a intervals d'un minut en aquest cas) s'ha demostrat que els equips són capaços d'adaptar el seu comportament a les pertorbacions del medi, concretament als constreyniments locals (interacció entre pocs jugadors) i temporals (manipulació de condicions numèriques de la tasca a una escala temporal més curta). Aquests resultats confirmen allò que Ric, Hristovski, et al. (2016) ja van suggerir, afirmant que l'ús de desequilibris numèrics temporals en JRs en les tasques d'entrenament sembla estar justificat si l'objectiu és promoure una ràpida exploració de comportaments de l'equip. Tanmateix, cal tenir en compte que l'edat dels jugadors pot afectar l'exploració dels equips (Almeida, Duarte, Volossovitch i Ferreira, 2016). Es pot considerar que les situacions de desequilibri numèric temporal representen escenaris més aviat difícils que no pas estables per als jugadors, pel que fa a la percepció de l'entorn i en relació amb un nombre variable de companys i adversaris. Torrents et al. (2016) ja van suggerir que com més fàcil és una situació de joc, més regular i menys variat és el joc, i viceversa, com més difícil és un escenari, més possible és que els jugadors explorin patrons de comportament (a no ser que sigui excessivament difícil). Per tant, és important crear situacions amb la suficient dificultat per promoure l'exploració de comportaments, però no massa, per tal que el comportament no se sature i caigui en una estabilitat que no es busca. En línia amb això, Vilar et al. (2014), en un estudi on van examinar els efectes de la variació del nombre de jugadors implicats en els JRs de futbol en diferents accions individuals, van concloure que la variabilitat en el nombre de companys i oponents són entorns d'aprenentatge que permetran que els jugadors experimentin situacions d'entrenament amb una gran transferència amb la situació real, permetent d'aquesta manera una millor percepció de les fonts d'informació i a rendir millor segons les seves capacitats. A més, els desequilibris numèrics poden promoure diferents accions col·lectives, com la reducció de l'àrea de joc de l'equip en

inferioritat o un menor compromís a l'hora de mantenir un comportament estratègic preestructurat en condicions de superioritat (Sampaio, Lago, Gonçalves, Maçãs i Leite, 2014), oferint, d'aquesta manera, un enfocament aplicable per regular la percepció dels jugadors en determinades condicions.

A través dels paisatges potencials es va representar les probabilitats de les configuracions de comportament per comparar com de robustos o estables eren els comportaments en igualtat numèrica o en desequilibri numèric temporal. Les variables que es van tenir en compte van ser l'índex de dispersió de l'equip i la distància del centroide a la pròpia porteria. Segons els resultats, sembla existir una pressió exercida pels equips per no permetre que l'adversari s'acosti a la seva pròpia meta. Pel que fa a l'índex de dispersió, podríem esperar una configuració en què un equip estaria compacte, mentre que l'altre estaria més dispers, concordant amb els resultats de Bourbousson, Sève, i McGarry (2010), però el que es va trobar va ser una configuració en què quan un dels equips s'ampliava, l'altre també ho feia, i viceversa, situació més propera als resultats trobats per Moura et al. (2016).

En el segon estudi es va analitzar com el canvi de posició de les porteries en JRs afectava el comportament exploratori dels patrons de comportament realitzats per un equip de futbol infantil i als elements que conformen la creativitat (fluïdesa, flexibilitat i originalitat). D'aquests tres elements es va observar una modificació en el comportament, però no es van veure augmentades ni la fluïdesa ni la flexibilitat. El canvi del posicionament de les porteries, concretament descrivint una diagonal (de córner a córner) canvia el comportament espacial dels equips i els "obliga" a buscar patrons de coordinació poc habituals, però no canvia significativament la similitud de les configuracions i la rapidesa amb què els equips canvien el tipus de configuració. Estudis previs mostren com el comportament exploratori pot veure's augmentat o disminuït al modificar diversos constrenyiments en funció de si es considera el comportament individual o col·lectiu. En estudis previs es va observar que els desequilibris numèrics van provocar un increment en el comportament exploratori a l'hora d'analitzar el comportament individual, però una disminució a l'hora d'analitzar el comportament col·lectiu (Ric, Torrents, et al., 2016; Torrents et al., 2016).

En aquest segon estudi es va tenir en compte el comportament col·lectiu dels equips recollit en diverses variables: amplitud i profunditat dels equips, angle en graus del centroide, velocitat d'expansió (m/s), carrils i zones on s'ubica el centroide (entre 1 i 6), velocitat de desplaçament del centroide (m/s) i distància del centroide a la porteria pròpia (m).

Tot i que els resultats de l'estudi no mostren que el canvi de posició de les porteries no augmenti de manera significativa el comportament exploratori en nens de menys de 12 anys, ja que el nombre de configuracions variades és similar i la taxa de canvi també és similar, aquesta tasca es pot proposar per assolir altres objectius formatius, especialment aquells relacionats amb l'entrenament d'una organització espacial o comportaments col·lectius concrets. A més, aquesta tasca d'entrenament es pot proposar per a practicar escenaris inusuals per tal d'augmentar la varietat de repertori conductual dels equips. Si tenim en compte l'alt nivell esportiu dels jugadors de

Part 4. Discussió global dels resultats

L'escola de futbol que conformen l'estudi 2, podríem afirmar que són jugadors amb un alt coneixement del joc i que, per tant, semblen ser capaços de coordinar-se amb els seus companys tal i com ho farien jugadors experimentats (Gutierrez-Diaz del Campo, Gonzalez Vállora i Garcia Lopez, 2011).

Els diferents comportaments d'un equip s'han estudiat mitjançant l'anàlisi de PCA i hPCA, que mostren els diferents patrons realitzats per jugadors constrenyits per condicions variables (Ric, Torrents, et al., 2016). Mitjançant l'anàlisi de PCA i el coeficient de congruència de Tucker s'ha revelat que gairebé no hi ha semblança ni congruència entre les diferents tasques proposades. Per tant, els diferents constrenyiments proposats en aquesta tasca van revelar una alta atipicitat mútua i, per tant, una originalitat de les configuracions dels PC. Els PC de la tasca amb porteries frontals (joc habitual) eren completament diferents de les altres dues tasques en què les porteries canviaven el seu posicionament habitual. Així, sí que sembla que és una tasca adient per afavorir l'originalitat, tot i que la fluïdesa i la flexibilitat no es vegin afectades. Quan els equips juguen amb porteries en diagonal, el patró atac-defensa canvia. Els equips semblen tenir formes més allargades i el centroide descriu uns angles semblants a una diagonal que la tasca amb objectius frontals. De la mateixa manera, Almeida et al. (2016) també van trobar que els equips, quan jugaven a doble porteria, presentaven formes allargades. Segons aquest tipus de forma de joc, Silva, Duarte, et al. (2014) van suggerir que les formes de joc allargades són més freqüents en jugadors més qualificats, com els jugadors d'aquest estudi. A més, en aquestes situacions de tipus diagonal, els equips no tendeixen a contraure's sinó a expandir-se. En situacions de porteries en diagonal, els equips semblen comportar-se en sectors o passadissos més diversos i tendeixen a jugar basculats cap a la porteria rival. Els comportaments no són els mateixos en ambdues diagonals, com passa en la distància del centroide a la porteria, on en la diagonal dreta és més habitual tenir una distància de 15 a 20 o més de 20 m, mentre que en diagonal esquerra aquesta distància és generalment més de 25 m. Així, sembla que els jugadors es veuen obligats a jugar d'una manera inusual, tal com s'ha plantejat i esperat. De manera semblant al present estudi, Travassos, Gonçalves, Marcelino, Monteiro i Sampaio (2014) van trobar que en un JR amb 6 porteries els equips tendien a jugar en passadissos laterals. No obstant això, el comportament amb aquest constrenyiment de la tasca és més defensiu per protegir la diversitat de porteries. Ric et al. (2016) van mostrar com l'ús de hPCA va permetre capturar els patrons de moviment o comportaments dels equips més estables/persistentes. Per exemple, van mostrar com es comporta un equip de futbol i com canvia el comportament de l'equip abans i després d'encaixar un gol. En el present estudi, sembla que hi ha alguns patrons similars entre S2 i S3 en el seu nivell més alt del PC amb l'estudi de Ric, Torrents, et al. (2016), en el qual es mostra com el centroide es va traslladar ràpidament cap al costat dret des del passadís central del sector defensiu mitjà. Aquest patró va definir la defensa del contraatac de l'oponent i podria significar en aquest estudi que el centroide dels equips oscil·la per tal d'evitar un contraatac.

En el tercer estudi es va avaluar com el posicionament de les porteries afectava la càrrega externa i el comportament col·lectiu de joves jugadors de futbol durant els JRs. A diferència de l'anterior estudi, les variables que es van tenir en compte per

analitzar el comportament col·lectiu dels equips van ser: l'amplitud i la profunditat, en metres i el coeficient de variació, i la taxa de canvi entre amplitud i profunditat, totes elles separant la fase ofensiva de la defensiva. En general, els resultats van mostrar que els equips van actuar de manera similar en els tres escenaris a nivell de comportament individual, però de manera diferent pel que fa al comportament col·lectiu. Concretament, els resultats van demostrar que en un escenari diagonal els equips estaven més expandits en la fase defensiva que en l'ofensiva, i que l'amplitud dels equips en la fase defensiva va tenir grans efectes en ambdós escenaris diagonals. De la mateixa manera, Castellano, Silva, Usabiaga i Barreira (2016) van trobar que en els JRs sense porters, utilitzant dues mini-porteries a cada extrem de les línies de gol, l'amplitud de l'equip augmentava amb l'objectiu de protegir ambdues porteries. En el cas d'aquest estudi, aquest augment de l'amplitud en la fase defensiva es pot explicar pel comportament dels jugadors, és a dir, els davanters s'ubiquen davant de la porteria contrària per tal de recuperar la possessió de la pilota i els defenses es col·loquen propers a la pròpia porteria per protegir-la. Amb el canvi d'escenari del posicionament normal de la porteria (CTR) a la diagonal esquerra o dreta, la coadaptació en el comportament ofensiu i defensiu sembla conduir a un nou patró d'equip caracteritzat per distàncies més grans al llarg de l'eix de l'amplitud. Travassos et al. (2014) van observar que l'ús d'un JR de sis porteries semblava promoure una major seguretat en la proximitat espacial entre els equips (és a dir, un espai més petit ocupat pels dos equips al camp i diferències més petites entre els equips). En aquest estudi, el constrenyiment de les porteries en diagonal semblava promoure una seguretat més baixa, com es reflecteix en l'augment de l'amplitud quan un equip perdia la possessió de la pilota. El motiu d'aquestes diferències podria ser l'orientació en diagonal de l'atac i defensa de l'equip, que, com s'ha dit abans, fa que els atacants estiguin davant de la porteria contrària per marcar gol i recuperar la possessió de la pilota i els defensors davant les porteries per tal de protegir-les. Com a conseqüència de la col·locació tan particular de les porteries i l'amplitud dels equips, també es va veure afectat el LPWR, mostrant un LPWR superior als de tots els escenaris i tant en fase defensiva com ofensiva. El LPWR captura la forma de l'equip mitjançant la relació entre la seva profunditat i amplitud (és a dir, els equips més allargats (profunds) i primers (estrets) tenen valors de LPWR més alts que els equips més curts i amples) (Frias i Duarte, 2014). Els resultats mostren que el LPWR dels equips va ser més alt en la fase defensiva que en la fase ofensiva, la qual cosa significa que la distribució de l'equip tendeix a aplanar-se (amplitud) quan un equip perd la pilota, tot mantenint l'allargada (profunditat). Tot i que la tendència del comportament del LPWR en les tres situacions és la mateixa, s'observa que probablement el LPWR disminueix des de l'escenari CTR als escenaris amb porteries en diagonal. Això significa que quan els equips juguen en situacions diagonals presenten formes més aplanades i curtes que en la CTR. Pel que fa a la durada de la possessió de la pilota, es va trobar que era més llarga que la informada per Olthof, Frencken i Lemmink (2017) en condicions de JRs de mida similar (és a dir, en camps de 40×30 m), i similar a la que es troba en un JR amb una mida de terreny gran (és a dir, 68×47 m) en jugadors de menys de 17 anys. En contrast amb l'estudi d'Olthof et al. (2017), el constrenyiment d'ubicar les porteries en diagonal i en un camp de mida similar no va afectar la durada de la possessió de la pilota. Segons

Part 4. Discussió global dels resultats

els resultats d'aquest tercer estudi i la literatura, es podria pensar que la durada de la possessió de la pilota depèn més del nivell i experiència dels jugadors (Olthof et al., 2017; Ric, Torrents, et al., 2016) que de la seva edat, atès que poden existir diferències de maduració entre jugadors de la mateixa edat.

La literatura relacionada amb els constrenyiments relacionats amb les porteries ha investigat àmpliament els efectes d'aquests en les variables físiques i ha conclòs que aquests tenen efectes sobre les demandes físiques (Aguiar, Botelho, Lago, Maças i Sampaio, 2012; Castellano, Silva, Usabiaga i Barreira, 2016; Costa et al., 2010; Pulling, Twitchen i Pettefer, 2016). Els constrenyiments principals que s'han tractat relacionats amb les porteries són la presència o absència d'aquestes o l'ús de porteries o mini-porteries (Aguiar et al., 2012; Castellano et al., 2016). En contrast amb els resultats obtinguts per Gonçalves et al. (2016), en l'estudi 3 no hi va haver diferències en la distància total recorreguda ni en cap rang de velocitat quan es constrenyia una tasca. S'ha constatat que els jugadors no inverteixen ni més ni menys esforç des del punt de vista motor o físic.

Així, la modificació de la tasca proposada en el tercer estudi de la present tesi no augmentaria l'esforç d'alta intensitat dels jugadors. A diferència d'altres estudis en què es va trobar que restringir els jugadors a àrees específiques de joc disminuïa el SEI (Gonçalves et al., 2016), en aquest estudi es va trobar que constrenyir la tasca amb porteries en diagonal no va mostrar una tendència clara pel que fa al SEI dels jugadors, sinó que els jugadors van mostrar que cobrien aproximadament el mateix espai en els escenaris amb porteries en diagonal i, en conseqüència, exploraven l'espai disponible de manera similar. Els resultats del MSE van quantificar el nivell de regularitat del posicionament en amplitud i profunditat dels equips a diferents escales temporals. En comparació entre els diferents escenaris, la MSE en la profunditat es va mantenir igual en comparar el posicionament central amb la diagonal dreta i probablement va augmentar amb la diagonal esquerra. D'altra banda, la MSE en l'amplitud probablement va disminuir en l'escenari normal en comparació amb els diagonals. Tant l'amplitud com la profunditat mostren corbes de MSE creixents segons les escales de temps. Curiosament, el MSE en profunditat en ambdues situacions diagonals augmenta a un ritme superior al de la situació CTR (normal). Significa que els JRs provoquen diferents desplaçaments complexos a través d'escales de temps en la profunditat. La imprevisibilitat/diversitat dels desplaçaments en profunditat en escales de temps més curtes va mostrar valors baixos de regularitat similars; en augmentar les escales de temps, la irregularitat augmentava molt en escales de temps més llargues. És a dir, el MSE mostra la mateixa evolució de la irregularitat en els desplaçaments d'amplitud independentment del posicionament de la porteria, però en la profunditat presenta més diferències alhora que augmenta l'escala de temps. Aquests resultats podrien explicar-se pel canvi en la pressió i la retirada dels jugadors durant les escales de temps de desenes de segons (Ric, Torrents, et al., 2016). Presentem la hipòtesi que el motiu d'aquest canvi en el comportament de l'equip quan les porteries es col·loquen en diagonal es deu a la ubicació de determinats jugadors. En aquesta situació determinada, on les porteries es troben a les cantonades i orientades en diagonal, els davanters estan davant de la porteria contrària intentant marcar un gol o recuperar la possessió de la

pilota, i els defenses, que estan davant de la seva pròpia porteria, intenten iniciar un nou atac o protegir la seva pròpia porteria (Clemente, Martins, Mendes i Figueiredo, 2014; Gréhaigine i Godbout, 2012).

Els diferents estudis que conformen aquesta tesi ens ajuden a comprovar com l'ús de constreyniments promouen el comportament exploratori o bé l'originalitat dels comportaments, elements clau de la creativitat. Com s'ha comentat anteriorment, quan entrenadors i entrenadores dissenyin tasques d'entrenament, siguin o no JRs, aquestes tasques haurien de ser suficientment difícils i variades per tal de desestabilitzar el comportament dels equips de futbol i que, d'aquesta manera, es vegin obligats a sortir dels seus comportaments habituals i explorar nous comportaments. A més, la manipulació de constreyniments pot afavorir l'emergència de comportaments més eficients i representatius de la realitat amb què probablement es trobaran en les situacions durant un partit de futbol.

Tant els desequilibris numèrics temporals com la ubicació de les porteries en diferents punts del terreny de joc semblen promoure el comportament exploratori i, per tant, la creativitat dels jugadors i dels equips. L'originalitat s'ha vist també estimulada amb el canvi d'ubicació de les porteries, i segurament s'estimularà també amb altres modificacions del joc reglamentari, sempre i quan promogui l'exploració de comportaments poc habituals.

Sembla interessant modificar la ubicació de les porteries de forma similar a la realitzada als estudis dos i tres, per exemple, per ajudar els jugadors a començar el joc en una condició amb menys possibilitats (un costat del camp està "tancat") i fer que sorgeixin comportaments de l'equip per estabilitzar el reinici del joc a un costat o a l'altre. No obstant això, cal tenir en compte que diversos estudis han demostrat que la probabilitat de marcar un gol des dels costats del camp és menor que des del centre (Fernández, Bornn i Cervone, 2019; Link, 2018).

El segon dels objectius principals de la tesi va ser explorar l'ús de diferents eines d'anàlisi per avaluar la creativitat motriu tenint en compte el seu comportament complex i no lineal i el comportament col·lectiu de l'equip. Tal i com s'ha vist en els estudis realitzats, el PCA i el hPCA són molt útils per capturar els patrons de comportament més estables dels equips. Són una eina vàlida per avaluar el comportament motriu de l'equip o dels individus, de la mateixa manera que succeeix amb el *Dynamic Overlap*. Aquest tipus d'anàlisi ens sembla molt adient per avaluar la diversitat i la velocitat de canvi del comportament exploratori, de manera que serveix per valorar la fluïdesa i la flexibilitat del comportament motriu. Per últim, el coeficient de congruència de Tucker ens ha servit per avaluar com de semblants són aquests patrons, per tant, com són d'atípics o originals entre ells.

Sembla ser, doncs, que qualsevol de les metodologies comentades al llarg de la tesi serien vàlides per a l'entrenament de la creativitat en el futbol. Tot i així, derivat dels estudis d'aquesta tesi i la literatura revisada, seria interessant, per a desenvolupar la creativitat en aquest esport, l'ús d'un repertori ampli de tasques d'entrenament, ja sigui mitjançant JRs o situacions de partit com a eines per incrementar el potencial

Part 4. Discussió global dels resultats

D/U. A mode de recomanacions aquestes tasques d'entrenament haurien de tenir les següents característiques: 1) variabilitat de situacions d'entrenament; 2) ús de constrenyiments en els JRs; 3) tasques canviants a les desenes de segons; 4) tasques que suposin un repte per a esportistes.

4.2. LIMITACIONS I PERSPECTIVES DE RECERCA FUTURES

Les línies de recerca futures van en la línia de l'exploració de comportaments que suposin un repte pels practicants. Aquests reptes poden ser l'exploració de diferents tipus de desequilibris numèrics (comodins interiors o exteriors, comodins defensius o ofensius, comodins temporals, etc.), també poden tenir a veure amb el nombre o mida de les porteries, la seva ubicació i/o orientació. Altres elements que es podrien estudiar per observar si la creativitat d'un individu o d'un equip es veu modificada és el mòbil, les instruccions de l'equip tècnic, l'existència o no de públic, entre d'altres.

Normalment, la creativitat s'ha estudiat des d'una perspectiva individual. En aquesta tesi s'ha analitzat el comportament creatiu dels equips de futbol. Creiem que seria interessant combinar ambdues perspectives i estudiar com l'ús de constrenyiments fan emergir diferents comportaments i com aquests estan relacionats tant amb la creativitat individual com col·lectiva. Com a perspectiva de futur, es podria anar més enllà i no només estudiar el comportament creatiu d'un individu, d'un equip o de processos derivats del joc, sinó que també es podria intentar valorar la creativitat que sorgeix, per exemple, de la convivència de jugadors i equips tècnics, d'un club i tots els seus equips, o dels entrenadors d'un club; tenint en compte la creativitat a diferents nivells. Mesurar la creativitat entre aquests elements proposats serà tot un repte, donada la dificultat de mesurar la creativitat en tots els seus components i també pels elements que es proposen. Si la creativitat es considera com un objecte fonamental per al funcionament d'un equip a tots els nivells, caldrà que aquesta sigui presa en consideració i sigui un objectiu compartit entre tots els components pertanyents al grup i que participen en el procés d'ensenyament, aprenentatge i entrenament (club, afició...). D'aquesta manera també es facilitarà un clima de seguretat, obertura i confiança imprescindible per tal de desenvolupar la creativitat.

Seria interessant replicar l'estudi número 3 en un 11 contra 11 amb diferents grups d'edat, similar a l'estudi realitzat per Figueira, Gonçalves, Masiulis i Sampaio (2018) i prenent les variables proposades per Rico-González, Pino-Ortega, Clemente, Rojas-Valverde i Los Arcos (2021), per la similitud dels JRs de futbol i el futbol sala (és a dir, nombre de jugadors i superfície) i per la utilitat de les variables proposades en l'estudi esmentat (és a dir, variables relacionades amb el centre geomètric i la distància).

També em sembla suggeridor investigar sobre el MSE i la relació que aquesta mesura d'entropia pot tenir amb la creativitat. Amb l'estudi tres, queda palès que és una

4.2. Limitacions i perspectives de recerca futures

mesura que mostra l'evolució de la regularitat o irregularitat en diferents patrons de comportament i, per tant, podria estar associada amb algun element de la creativitat, tal i com s'entén en aquesta tesi. Per tant, seria interessant recercar sobre altres eines d'anàlisi no lineal d'entropia relacionades amb la creativitat.

També seria important aplicar diferents models probabilístics que estimen la probabilitat de marcar gol en processos d'entrenament/aprenentatge. És a dir, identificar com un tipus de tasca en front d'una altra augmenta la probabilitat de fer gol. Aquest fet està relacionat amb el potencial de diversitat i impredictibilitat, ja que la combinació dels dos és clau per tal de ser funcionalment divers i, la funcionalitat en el futbol ve determinada per l'augment d'accions o combinacions d'aquestes que augmentin la probabilitat de fer gol.

Com a perspectiva de futur un aspecte en què es podria investigar és en la consideració dels errors o la variabilitat del comportament com a fases necessàries per tal de produir canvis en el comportament i, en conseqüència, en l'aprenentatge.

Per altra banda, en el futur serà important seguir investigant en la creativitat en el futbol a mesura que es disposin de noves mètriques i la nova tecnologia faciliti l'avaluació de la transferència de les activitats d'entrenament en rendiment.

Pel que fa a les limitacions, la principal limitació seria aquella relacionada amb l'ús de la tecnologia EPTS (*Electronic Performance and Tracking System*). Per una banda, en ocasions ens hem trobat amb camps de futbol amb reixes metàl·liques que impedièren que les antenes captessin de manera precisa el posicionament a través de radiofreqüència de banda ultra ampla (UWB). Per aquest motiu, en ocasions es va optar per l'ús de la senyal de GPS. No obstant això, aquesta tecnologia no ha estat exempta de certs problemes en determinades ocasions. Per exemple, en dies ennuvolats o de pluja no va ser possible captar la quantitat idònia de GPS que conformen la constel·lació de satèl·lits, obligant-nos a repetir la presa de dades. Una segona limitació relacionada amb aquesta tecnologia és que a la pilota no se li pot col·locar un GPS i, per tant, es dificulta el fet de saber amb precisió els moments de possessió de pilota de cadascun dels equips. Així i tot, hem pogut resoldre aquest fet gràcies a l'observació d'aquest element i sincronitzant les dades d'observació amb les de posicionament.

Una limitació amb què es poden trobar els equips de futbol per tal de poder mesurar la creativitat tal i com es proposa en aquesta tesi és que serà necessari comptar amb diferents elements, com són els dispositius GPS, els *softwares* de processament de dades i els coneixements per realitzar-ho i no tots els equips de futbol disposen d'aquests.

Altres limitacions que podem trobar són les relacionades amb les variables situacionals. És difícil assegurar que la pràctica d'una tasca d'entrenament tingui un impacte directe en el joc real, en què existeixen variables com el fet de jugar a casa o fora, el nivell de l'equip rival, el marcador (si es va guanyant, empatant o perdent) i el període del temps de joc (primera o segona part). En línia amb això, una proposta

Part 4. Discussió global dels resultats

de recerca futura seria la realització d'un estudi longitudinal en què en les tasques d'entrenament s'emfatitzi la pràctica de comportaments diversos i creatius per després comprovar en el partit si sorgeixen comportaments més diversos, creatius i funcionals, tenint en compte aquestes variables.





SPORTS PARTNER

CONCLUSIONS FINALS

Part 5. Conclusions finals

Els objectius principals de la tesi van ser:

- Estudiar com la modificació de constreyniments de la tasca pot afavorir el desenvolupament de la creativitat motriu en el futbol masculí en diferents edats, nivells i categories. Concretament, estudiar els efectes de la modificació del nombre d'oponents i companys en diferents intervals de temps, i la ubicació de la posició reglamentària de les porteries.
- Explorar l'ús de diferents eines d'anàlisi per avaluar la creativitat motriu tenint en compte el seu comportament complex i no lineal i el comportament col·lectiu de l'equip.

Les **conclusions principals** d'aquesta tesi són:

La modificació de constreyniments de la tasca, concretament, la modificació del nombre de companys i oponents en diferents intervals de temps, i la ubicació de la posició reglamentària de les porteries, **afavoreix el desenvolupament de la creativitat motriu** en el futbol masculí en diferents edats, nivells i categories.

Les eines d'anàlisi *Dynamic Overlap*, que aporta informació sobre com de variat és el repertori de comportaments i sobre el nombre de respostes diferents que s'han realitzat; **l'anàlisi de PCA**, que informa sobre la robustesa dels patrons de comportament, **i el coeficient de congruència de Tucker**, que avalua com de similars o diferents són dos o més patrons (originalitat) **són eines d'anàlisi vàlides i útils per avaluar la creativitat motriu** tenint en compte el seu comportament complex i no lineal i el comportament col·lectiu de l'equip.

L'objectiu de l'estudi 1 va ser: Explorar com l'ús de desequilibris numèrics temporals en JRs afecten el comportament exploratori de diferents equips de futbol en diferents categories d'edat.

CONCLUSIÓ 1: L'ús de desequilibris numèrics temporals a intervals d'1 minut afavoreix el comportament exploratori dels jugadors de futbol. Tanmateix, es produeix de manera diferent segons l'edat dels jugadors. En conseqüència, es van trobar valors més alts en l'amplitud exploratòria a curt termini en la categoria de menors de 15 anys, mentre que en l'amplitud exploratòria a llarg termini va passar el contrari. Tenint en compte que els desequilibris apareixen en diferents zones del camp en diferents moments, proposem crear i implementar aquestes tasques d'entrenament per la seva representativitat del joc real. A més, tenint en compte que es tracta d'una tasca que, alhora, afavoreix la conducta exploratòria i és representativa del que passa en un partit real, seria interessant dur a terme aquest tipus d'activitats en un context d'aprenentatge per orientar els i les esportistes a experimentar més contextos que poden passar en qualsevol situació de partit. Així, els resultats d'aquest estudi suggereixen que l'ús de desequilibris numèrics temporals serà útil perquè els jugadors de futbol realitzin situacions més variades semblants al joc real.

Part 5. Conclusions finals

L'objectiu de l'estudi 2 va ser: Analitzar els efectes del canvi de posició de les porteries sobre el comportament exploratori i els patrons de comportament realitzats per un equip de futbol infantil.

CONCLUSIÓ 2: El canvi de posició de les porteries al terreny de joc en modalitat diagonal fa que els equips es comportin de manera diferent i, per tant, de manera original (entenen original com a rar o inusual). La restricció de la tasca estudiada sembla afectar l'originalitat del comportament col·lectiu, però no sembla afectar la fluïdesa o la flexibilitat. No obstant això, es pot utilitzar per formar diferents organitzacions espacials i augmentar el repertori de comportaments dels jugadors i equips. Segons la literatura, el nivell d'habilitat és determinant en la percepció de diferents possibilitats d'actuació a l'hora d'avaluar el posicionament de l'equip (Silva, Duarte, et al., 2014; Silva, Travassos, et al., 2014). S'ha demostrat que certs tipus de restriccions augmenten el comportament exploratori, però aquestes limitacions han de ser prou incòmodes per aconseguir aquest objectiu. En altres paraules, els escenaris molt difícils poden no permetre als jugadors o als equips fer front a una situació determinada, però els escenaris molt fàcils poden no permetre que els jugadors o els equips millorin el seu comportament exploratori. D'acord amb això, probablement la tasca és percebuda com a fàcil pels equips (que tenen un alt nivell de comportament d'equip) i aquesta pot ser la raó per la qual la conducta exploratòria no ha augmentat. A més, la literatura també ha demostrat que els comportaments en realitzar una tasca es saturen després de desenes de segons (Ric, Hristovski, et al., 2016). Per ampliar les diferents solucions de tasques i el comportament exploratori, una bona solució podria ser incloure algunes tasques d'entrenament que es modifiquin en intervals curts de temps. La superposició dinàmica, el PCA, hPCA i el Coeficient de Congruència de Tucker semblen eines molt útils per avaluar el grau de creativitat amb què es desenvolupen els equips i jugadors de futbol. El secret rau en triar aquelles variables (és a dir, comportaments dels equips o dels jugadors) que millor expliquen el comportament que els entrenadors volen avaluar.

L'objectiu de l'estudi 3 va ser: Avaluar com la col·locació de les porteries en diferents posicions del terreny de joc modifica la càrrega externa i el comportament dels equips formats per joves futbolistes durant els JRs.

CONCLUSIÓ 3: Segons els resultats, sembla que seria possible modificar el comportament col·lectiu dels equips sots-12 ajustant la ubicació de les porteries al terreny de joc als JRs. Com que els comportaments col·lectius sorgeixen de les adaptacions dels equips a les limitacions de l'entorn imposades pel context de joc específic durant l'entrenament (Ometto et al., 2018), aquest tipus de limitació sembla una bona manera de promoure un comportament col·lectiu en què l'amplitud i la profunditat de l'equip tenen una major rellevància. Els resultats van mostrar que les adaptacions dels jugadors a les limitacions de l'entorn de posicionar les porteries en diagonal fomenten l'aparició d'exploracions relacionades amb l'amplada del terreny i l'estructura de la variabilitat en una seqüència de sèries temporals en la profunditat de l'equip. En relació a l'amplitud, la principal aplicació pràctica que tindria una tasca d'aquest tipus, a nivell de comportament d'equip, seria la formació de l'equip en amplitud. Per tant, seria útil que l'entrenador treballés aspectes com l'expansió i contracció de l'equip després de recuperar o perdre la pilota, sense afectar negativament el rendiment físic dels jugadors. Pel que fa a la profunditat, creiem que la irregularitat en aquesta variable permetria als entrenadors entrenar una adaptació més ràpida dels equips davant d'un rival amb patrons de comportament molt variables.

Part 5. Conclusions finals

L'objectiu de l'estudi 4 va ser: Mostrar l'estat de la qüestió en la literatura científica en relació amb el desenvolupament i l'avaluació de la creativitat motriu en el futbol, posant especial èmfasi en la investigació centrada en una visió complexa del comportament motor.

CONCLUSIÓ 4: La creativitat motriu, tant a nivell individual com col·lectiu, serà necessària per crear contextos de joc diversos, prou impredecibles per al rival i prou predictibles per als companys/es d'un mateix equip. Aquesta creativitat es pot mesurar, tant a nivell individual com col·lectiu, de diferents maneres. Una de les més utilitzades a la literatura específica és el *Dynamic Overlap*, que aporta informació sobre com de variat és el repertori de comportaments i sobre el nombre de respostes diferents que s'han realitzat. Una altra eina és l'anàlisi de PC, que informa sobre la robustesa dels patrons de comportament, o el coeficient de congruència de Tucker, que avalua com de similars o diferents són dos o més patrons (originalitat). A partir de l'aplicació de les variables que l'entrenador/a consideri importants per a una tasca, veurem si s'experimenta una creativitat més gran (o menor) en un comportament determinat. Per això, serà crucial dissenyar contextos de joc prou variables perquè jugadors/es i equips transitin entre estats i observar quins comportaments emergeixen sota diferents constreyniments.





6

T

R

A

P

REFERÈNCIES

Part 6. Referències

- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V. i Sampaio, J. (2012). A review on the effects of soccer small-sided games. *Journal of Human Kinetics*, 33(1), 103–113. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0049-x>
- Almeida, C. H., Duarte, R., Volossovitch, A. i Ferreira, A. P. (2016). Scoring mode and age-related effects on youth soccer teams' defensive performance during small-sided games. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1355–1362. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1150602>
- Araujo, D., Davids, K. i Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of sport and exercise*, 7(6), 653–676. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.07.002>
- Assunção, J. A., Coutinho, D. i Travassos, B. (2019). Pitch-Size constraint in Futsal Learning, 41(2013), 2018–2019.
- Balague, N., González, J., Javierre, C., Hristovski, R., Aragonés, D., Álamo, J., ... Ventura, J. L. (2016). Cardiorespiratory coordination after training and detraining. A principal component analysis approach. *Frontiers in Physiology*, 7(35).<https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00035>
- Balague, N., Pol, R., Torrents, C., Ric, A. i Hristovski, R. (2019). On the Relatedness and Nestedness of Constraints. *Sports Medicine - Open*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0178-z>
- Balague, N., Torrents, C., Hristovski, R., Davids, K. i Araújo, D. (2013). Overview of complex systems in sport. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 4–13. <https://doi.org/10.1007/s11424-013-2285-0>
- Barnabé, L., Volossovitch, A., Duarte, R., Ferreira, A. P. i Davids, K. (2016). Age-related effects of practice experience on collective behaviours of football players in small-sided games. *Hum. Mov. Sci.*, 48, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2016.04.007>
- Barros, R. M. L., Cunha, S. A., Magalhaes, W. J. i Guimarães, M. F. (2006). Representation and analysis of soccer players' actions using principal components. *Journal of Human Movement Studies*.
- Batterham, A. M. i Hopkins, W. G. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(1), 50–57. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.1.50>
- Bertalanffy, L. V. (1976). *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. (Ciencia y Tecnología)*. de México: Fondo de cultura económica.
- Bourbousson, J., Sève, C. i McGarry, T. (2010). Space-time coordination dynamics in basketball: Part 2. the interaction between the two teams. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 349–358. <https://doi.org/10.1080/02640410903503640>

- Canton, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Ric, A., Salvioni, F., Exel, J. i Sampaio, J. (2022). The diagonal positioning of the goals modifies the external training load and the tactical behaviour of young football players. *Biology of Sport*, 39(1), 135–144. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.102929>
- Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Gonçalves, B., Sampaio, J., Arjol, J. L. i Hristovski, R. (2017). Collective Tactical Patterns in Football SSGs by Means of hPCA. In *Complex Systems in Sport, International Congress Linking Theory and Practice* (p. 90).
- Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Gonçalves, B., Sampaio, J. i Hristovski, R. (2019). Effects of Temporary Numerical Imbalances on Collective Exploratory Behavior of Young and Professional Football Players. *Frontiers in Psychology*, 10, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01968>
- Canton, A., Torrents, C., Ric, A., Guerrero, I., Hilenó, R. i Hristovski, R. (2020). Exploratory Behavior and the Temporal Structure of Soccer Small-Sided Games to Evaluate Creativity in Children. *Creativity Research Journal*, 00(00), 1–10. <https://doi.org/10.1080/10400419.2020.1836878>
- Castellano, J., Silva, P., Usabiaga, O. i Barreira, D. (2016). The influence of scoring targets and outer-floaters on attacking and defending team dispersion, shape and creation of space during small-sided soccer games. *Journal of Human Kinetics*, 51(1), 153–163. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0178>
- Clemente, F. M., Martins, F. M. L., Mendes, R. S. i Figueiredo, A. J. (2014). A systemic overview of football game: The principles behind the game. *Journal of Human Sport & Exercise*, 9(2), 656–667. <https://doi.org/10.14198/jhse.2014.92.05>
- Costa, I., Garganta, J., Greco, P., Mesquita, I., Silva, B., Müller, E., ... Seabra, A. (2010). Analysis of Tactical Behaviours in Small-Sided Soccer Games: Comparative Study Between Goalposts of Society Soccer and Futsal. *The Open Sports Sciences Journal*, 3(1), 10–12. <https://doi.org/10.2174/1875399x01003010010>
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Travassos, B., Abade, E., Wong, D. P. i Sampaio, J. (2018). Effects of pitch spatial references on players' positioning and physical performances during football small-sided games. *Journal of Sports Sciences*, 37(7), 741–747. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1523671>
- Craft, A. (2003). Creative thinking in the early years of education. *Early Years. An International Research Journal*, 23, 143 – 154.
- Daffertshofer, A., Lamoth, C. J., Meijer, O. G. i Beek, P. J. (2004). PCA in studying coordination and variability: a tutorial. *Clinical Biomechanics*, 19(4), 415–428.
- Davids, K., Glazier, P., Araújo, D. i 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.

Part 6. Referències

- Davids, K., Araújo, D., Correia, V. i Vilar, L. (2013). How small-sided and conditioned games enhance acquisition of movement and decision-making skills. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 41(3), 154–161. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318292f3ec>
- Davids, K., Button, C. i Bennet, S. J. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Champaign, Il.: Human Kinetics.
- Duarte, R. (2012). *Capturing Interpersonal coordination processes in association football: from dyads to collectives*. (Tesi doctoral, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal). Recuperat de: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/4522>
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C. i Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychol. Methods*, 4, 272–299. <https://doi.org/10.1037/1082-989x.4.3.272>
- Fardilha, F. D. S. i Allen, J. B. (2020). Defining, assessing, and developing creativity in sport: a systematic narrative review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 13(1), 104–127. <https://doi.org/10.1080/1750984x.2019.1616315>
- Fernández, J., Bornn, L. i Cervone, D. (2019). Decomposing the Immeasurable Sport: A deep learning expected possession value framework for soccer. In *13 th Annual MIT Sloan Sports Analytics Conference*.
- Figueira, B., Gonçalves, B., Masiulis, N. i Sampaio, J. (2018). Exploring how playing football with different age groups affects tactical behaviour and physical performance. *Biology of Sport*, 35(2), 145–153. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2018.71603>
- Folgado, H., Bravo, J., Pereira, P. i Sampaio, J. (2018). Towards the use of multidimensional performance indicators in football small-sided games: the effects of pitch orientation. *Journal of Sports Sciences*, 37(9), 1064–1071. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1543834>
- Folgado, H., Duarte, R., Fernandes, O. i Sampaio, J. (2014). Competing with Lower Level Opponents Decreases Intra- Team Movement Synchronization and Time-Motion Demands during Pre-Season Soccer Matches, *PloS one*, 9(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097145>
- Forner-Cordero, A., Levin, O., Li, Y. i Swinnen, S. P. (2005). Principal component analysis of complex multijoint coordinative movements. *Biological Cybernetics*, 93(1), 63–78. <https://doi.org/10.1007/s00422-005-0582-y>
- Frias, T. i Duarte, R. (2014). Man-to-man or zone defense? Measuring team dispersion behaviors in small-sided soccer games. *Trends in Sport Sciences*, 3(21), 135–144.
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M. T. i Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform sport analysis software. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692–4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>

- Gibson, J. (1979). *The ecological approach to visual perception* (Lawrence E). Hillsdale, NJ.
- Glazier, P. S., Davids, K. i Bartlett, R. M. (2003). Dynamical systems theory: a relevant framework for performance-oriented sports biomechanics research. *Sportscience*, 7.
- Gonçalves, B., Marcelino, R., Torres-Ronda, L., Torrents, C. i Sampaio, J. (2016). Effects of emphasising opposition and cooperation on collective movement behaviour during football small-sided games. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1346–1354. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1143111>
- Gonçalves, B., Esteves, P., Folgado, H., Ric, A., Torrents, C. i Sampaio, J. (2016). Effects of Pitch Area-Restrictions on Tactical Behavior, Physical, and Physiological Performances in Soccer Large-Sided Games. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2398–2408. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001700>
- Gonçalves, B., Figueira, B., Maçãs, V. i Sampaio, J. (2014). Effect of player position on movement behaviour, physical and physiological performances during an 11-a-side football game, *Journal of sports sciences*, 32(2), 191-199. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.816761>
- Gréhaigne, J. i Godbout, P. (2012). Tactical Knowledge in Team Sports From a Constructivist and Cognitivist Perspective. *Quest*, 47(4), 490–505. <https://doi.org/10.1080/00336297.1995.10484171>
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444–454.
- Guilford, J. P. (1967). Creativity Yesterday, Today, and Tomorrow, *I*(1), 3–14.
- Gutierrez-Diaz del Campo, D., Gonzalez Villora, S. i Garcia Lopez, L. M. (2011). Differences in decision-making development between expert and novice invasion game players. *Perceptual and Motor Skills*, 112(3), 871–888. <https://doi.org/10.2466/05.10.11.25.PMS.112.3.871-888>
- Hendrickson, A. E. i White, P. O. (1964). Promax: A quick method for rotation to oblique simple structure. *British Journal of Statistical Psychology*, 17(1), 65–70. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1964.tb00244>.
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M. i Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: A systematic review. *Sports Medicine*, 41(3), 199–220. <https://doi.org/10.2165/11539740-000000000-00000>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M. i Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Hristovski, R. i Balagué, N. (2020). Theory of Cooperative-Competitive Intelligence: Principles, Research Directions, and Applications. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02220>

Part 6. Referències

- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D. i Button, C. (2006). How boxers decide to punch a target: Emergent behaviour in nonlinear dynamical movement systems. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(CSSI-1), 60–73.
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D. i Passos, P. (2011). Constraints-induced Emergence of Functional Novelty in Complex Neurobiological Systems : A Basis for Creativity in Sport. *Psychology and Life Sciences*, 15(2), 175–206.
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., Passos, P., Torrents, C., Aceski, A. i Tufekcievski, A. (2013). Creativity in sport and dance: Ecological dynamics on a hierarchically soft-assembled perception-action landscape. In K. Davids, R. Hristovski, D. Araújo, N. Balagué Serre, C. Button i P. Passos (Eds.), *Complex Systems in Sport* (pp. 261–274). London: Routledge.
- Hristovski, R., Davids, K., Passos, P. i Araújo, D. (2012). Sport Performance as a Domain of Creative Problem Solving for Self-Organizing Performer-Environment Systems. *The Open Sports Sciences Journal*, 5(1), 26–35. <https://doi.org/10.2174/1875399X01205010026>
- Iacono, A. D., Liakim, A. i Eckel, Y. (2015). IMPROVING FITNESS OF ELITE HANDBALL PLAYERS: SMALL-SIDED GAMES VS. HIGH-INTENSITY INTERMITTENT TRAINING. *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 835–843. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000686>
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (2nd ed.). New York, NY: Springer-Verlag.
- Kaufman, J. C. i Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four c model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1037/a0013688>
- Kelso, J. A. S. (1984). Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 246(6), R1000–R1004. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1984.246.6.r1000>
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: the self-organization of brain and behavior. Complex Adaptive Systems series*. Cambridge, MA: MIT Press, Bradford Book.
- Kelso, J. A. S. (2009). Coordination Dynamics. In R. A. Meyers (Ed.), *Encyclopedia of complexity and system science* (pp. 1537–1564). New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Lacasa, K. (2022). *Emergencia de comportamiento en deportes de implemento desde una perspectiva compleja. Una propuesta para la revisión de la mirada de las y los Educadores Físicos Deportivos*. (Tesi doctoral, Universitat de Lleida, Lleida, Espanya).

- Link, D. (2018). *Data analytics in professional soccer*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Lopez-Felip, M. A. (2014). *A scale to measure the complexity and perceptual-cognitive skills in soccer*. (Tesi doctoral, Southern Illinois University Carbondale, Estats Units).
- Lorenzo-Seva, U. i Ten Berge, J. M. F. (2006). Tucker's congruence coefficient as a meaningful index of factor similarity. *Methodology*, 2(2), 57–64. <https://doi.org/10.1027/1614-2241.2.2.57>
- Low, B., Coutinho, D., Gonçalves, B., Rein, R., Memmert, D. i Sampaio, J. (2019). A Systematic Review of Collective Tactical Behaviours in Football Using Positional Data. *Sports Medicine*, 50(2). <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01194-7>
- Memmert, D. (2010). Testing of tactical performance in youth elite soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 199–205.
- Memmert, D. (2011). Sports and creativity. *Encyclopedia of Creativity*, 2, 373–378. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-375038-9.00207-7>
- Memmert, D. (2015a). Development of tactical creativity in sports. In *Routledge handbook of sport expertise* (pp. 363–372). Routledge.
- Memmert, D. (2015b). *Teaching tactical creativity in sport: Research and practice*. Routledge.
- Memmert, D. i Roth, K. (2007). The effects of non-specific and specific concepts on tactical creativity in team ball sports. *Journal of sports sciences*, 25(12), 1423–1432. <https://doi.org/10.1080/02640410601129755>
- Moura, F. A., Santana, J. E., Vieira, N. A., Roberto, P., Santiago, P. i Cunha, S. A. (2015). Analysis of Soccer Players' Positional Variability During the 2012 UEFA European Championship: A Case Study. *Journal of Human Kinetics*, 47, 225–236. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0078>
- Moura, F. A., van Emmerik, R. E. A., Santana, J. E., Martins, L. E. B., de Barros, R. M. L. i Cunha, S. A. (2016). Coordination analysis of players' distribution in football using cross-correlation and vector coding techniques. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2224–2232. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1173222>
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. In M. G. Wade i H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341–360). Dordrecht, the Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Olthof, S., Frencken, W. i Lemmink, K. (2017). Match-derived relative pitch area changes the physical and team tactical performance of elite soccer players in small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences*, 1–7. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1403412>

Part 6. Referències

- Ometto, L., Vasconcellos, F. V. A. A., Cunha, F. A., Teoldo, I., Souza, C. R. B., Dutra, M. B., ... Davids, K. (2018). How manipulating task constraints in small-sided and conditioned games shapes emergence of individual and collective tactical behaviours in football: A systematic review. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 13(6), 1200–1214. <https://doi.org/10.1177/1747954118769183>
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K., Gouveia, L., Milho, J. i Serpa, S. (2008). Information-governing dynamics of attacker-defender interactions in youth Rugby Union. *Journal of Sports Science*, 26(13), 1421–1429. <https://doi.org/10.1080/02640410802208986>
- Pincus, S. M. (1991). Approximate entropy as a measure of system complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88(6), 2297–2301. <https://doi.org/10.1073/pnas.88.6.2297>
- Pol, R. (2021). *Entrenamiento deportivo y complejidad: actualizando supuestos teóricos, prácticos e hipótesis de investigación*. (Tesi doctoral, Universitat de Lleida, Lleida, Espanya).
- Pol, R., Balagué, N., Ric, A., Torrents, C., Kiely, J. i Hristovski, R. (2020). Training or Synergizing? Complex Systems Principles Change the Understanding of Sport Processes. *Sports Medicine - Open*, 6(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00256-9>
- Pulling, C., Twitchen, A. i Pettefer, C. (2016). Goal Format in Small-Sided Soccer Games: Technical Actions and Offensive Scenarios of Prepubescent Players. *Sports*, 4(4), 53. <https://doi.org/10.3390/sports4040053>
- Rasmussen, L. J. T., Glăveanu, V. P. i Østergaard, L. D. (2020). Exploring the multifaceted role of creativity in an elite football context. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 12(2), 256–271. <https://doi.org/10.1080/2159676x.2019.1625809>
- Ric, A. (2017). *La complejidad en el fútbol: dinámica exploratoria y emergencia de comportamiento táctico*. (Tesi doctoral, Universitat de Lleida, Lleida, Espanya).
- Ric, A., Canton, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Arjol, J. L., Sampaio, J. i Hristovski, R. (2017). Effects of Temporal Numerical Imbalances on Individual Exploratory Behaviour during Football SSGs. In Carlota Torrents, P. Passos i F. Cos (Eds.), *Complex Systems in Sport, International Congress Linking Theory and Practice* (pp. 154–156). Barcelona: Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/978-2-88945-310-8>
- Ric, A., Hristovski, R., Gonçalves, B., Torres, L., Sampaio, J. i Torrents, C. (2016). Timescales for exploratory tactical behaviour in football small-sided games. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1723–1730. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1136068>
- Ric, A., Hristovski, R. i Torrents, C. (2015). Can joker players favor the exploratory

- behavior in football small-sided games? *Research in Physical Education, Sport and Health*, 4(2), 35–39.
- Ric, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Sampaio, J. i Hristovski, R. (2016). Soft-assembled multilevel dynamics of tactical behaviors in soccer. *Frontiers in Psychology*, 7:1513, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01513>
- Ric, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Torres-Ronda, L., Sampaio, J. i Hristovski, R. (2017). Dynamics of tactical behaviour in association football when manipulating players' space of interaction. *PLoS ONE*, 12(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180773>
- Richard, V., Lebeau, J. C., Becker, F., Inglis, E. R. i Tenenbaum, G. (2018). Do more creative people adapt better? An investigation into the association between creativity and adaptation. *Psychology of Sport and Exercise*, 38, 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.06.001>
- Richman, J. S. i Moorman, J. R. (2000). Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 278(6), H2039–H2049.
- Rico-González, M., Pino-Ortega, J., Clemente, F. M., Rojas-Valverde, D. i Los Arcos, A. (2021). A systematic review of collective tactical behavior in futsal using positional data. *Biol Sport*, 38(1), 23–36. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2020.96321>
- Rico-González, M., Pino-Ortega, J., Nakamura, F. Y., Moura, F. A. i Los Arcos, A. (2020). Identification, computational examination, critical assessment and future considerations of distance variables to assess collective tactical behaviour in team invasion sports by positional data: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph17061952>
- Roca, A., Ford, P. R. i Memmert, D. (2018). Creative decision making and visual search behavior in skilled soccer players. *PLoS One*, 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199381>
- Runco, M. A. i Jaeger, G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>
- Runco, M. A. i Kim, D. (2018). The four Ps of creativity: Person, Product, Process, and Press. In J. Stein (Ed.), *Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology*. Elsevier.
- Sampaio, J., Lago, C., Gonçalves, B., Maçãs, V. i Leite, N. (2014). Effects of pacing, status and unbalance in time motion variables, heart rate and tactical behaviour when playing 5-a-side football small-sided games. *J. Sci. Med. Sport*, 17(2), 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.04.005>

Part 6. Referències

- Sansone, P., Tessitore, A., Paulauskas, H., Lukonaitiene, I., Tschan, H., Pliauga, V. i Conte, D. (2018). Physical and physiological demands and hormonal responses in basketball small-sided games with different tactical tasks and training regimes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(5), 602–606. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.11.017>
- Santos, S., Coutinho, D., Gonçalves, B., Schöllhorn, W., Sampaio, J. i Leite, N. (2018). Differential Learning as a Key Training Approach to Improve Creative and Tactical Behavior in Soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1367, 1–14. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1412063>
- Santos, S., Jimenez, S., Sampaio, J. i Leite, N. (2017). Effects of the Skills4Genius sports-based training program in creative behavior. *PloS One*, 12(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172520>
- Santos, S., Memmert, D., Sampaio, J. i Leite, N. (2016). The spawns of creative behavior in team sports: A creativity developmental framework. *Frontiers in Psychology*, 7, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01282>
- Schöllhorn, W. I., Hegen, P. i Davids, K. (2012). The nonlinear nature of learning— A differential learning approach. *The Open Sports Sciences Journal*, 5(1), 100–112. <https://doi.org/10.2174/1875399x01205010100>
- Seifert, L. (2019). FIELD OF PROMOTED ACTIONS AND AFFORDANCES: TOWARD NON-LINEAR PEDAGOGY. *Université Le Havre Normandie France*, 77, 31.
- Sibani, P. i Dall, J. (2003). Log-Poisson statistics and full aging in glassy systems. *Europhysics Letters*, 64(1), 8–14. <https://doi.org/10.1209/epl/i2003-00109-0>
- Silva, P. (2014). *Shaping Tactical Behaviours in Football: An Ecological Dynamics Approach*. (Tesi doctoral, Universidade do Porto, Oporto, Portugal). Recuperat de: <http://www.fade.up.pt/cifi2d/files/tese-pedro-silva.pdf>
- Silva, P., Aguiar, P., Duarte, R., Davids, K., Araújo, D. i Garganta, J. (2014). Effects of Pitch Size and Skill Level on Tactical Behaviours of Association Football Players During Small-Sided and Conditioned Games, *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(5), 993–1006. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.993>
- Silva, P., Duarte, R., Sampaio, J., Aguiar, P., Davids, K., Araújo, D. i Garganta, J. (2014). Field dimension and skill level constrain team tactical behaviours in small-sided and conditioned games in football. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1888–1896. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.961950>
- Silva, P., Esteves, P., Correia, V., Davids, K., Araújo, D. i Garganta, J. (2015). Effects of manipulations of player numbers vs. Field dimensions on inter-individual coordination during small-sided games in youth football. *International Journal of*

- Performance Analysis in Sport*, 15(2), 641–659. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868821>
- Silva, P., Travassos, B., Vilar, L., Aguiar, P., Davids, K., Araújo, D. i Garganta, J. (2014). Numerical Relations and Skill Level Constrain Co- Adaptive Behaviors of Agents in Sports Teams. *PLoS ONE*, 9(9), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107112>
- Tenenbaum, G. (2003). Expert athletes: An integrated approach to decision making. In J. L. Starkes i K. A. Ericsson (Eds.), *Expert performance in sports* (pp. 191–218). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Torrance, E. P. (1969). Creativity. What research says to the teacher. Series n. 28. *Washington: National Education Association*.
- Torrents, C. (2022). *A mi musa la invento yo: Un librojuego sobre creatividad, sistemas complejos y Jorge Drexler*. Editorial Libros. com.
- Torrents, C., Balagué, N., Hristovski, R., Almarcha, M. i Kelso, J. A. (2021). Metastable Coordination Dynamics of Collaborative Creativity in Educational Settings. *Sustainability*, 13(5), 2696. <https://doi.org/10.3390/su13052696>
- Torrents, C., Balagué, N., Ric, A. i Hristovski, R. (2020). The motor creativity paradox: Constraining to release degrees of freedom. *Psychology of Aesthetics Creativity and the Arts*, 15(2), 340. <https://doi.org/10.1037/aca0000291>
- Torrents, C., Ensenyat, A., Ric, A., Mateu, M. i Hristovski, R. (2018). Free Play with Certain Equipment Constrains the Emergence of Exploratory Behavior and Physical Activity in Preschoolers. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 22(4), 509–533.
- Torrents, C., Hristovski, R. i Balagué, N. (2013). Creatividad y emergencia espontánea de habilidades de danza. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, (24), 129–134. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i24.34543>
- Torrents, C., Ric, A. i Hristovski, R. (2015). Creativity and emergence of specific dance movements using instructional constraints. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(1), 65–74. <https://doi.org/10.1037/a0038706>
- Torrents, C., Ric, A., Hristovski, R., Torres-Ronda, L., Vicente, E. i Sampaio, J. (2016). Emergence of exploratory, technical and tactical behavior in small-sided soccer games when manipulating the number of teammates and opponents. *PLoS ONE*, 11(12), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168866>
- Travassos, B., Gonçalves, B., Marcelino, R., Monteiro, R. i Sampaio, J. (2014). How perceiving additional targets modifies teams' tactical behavior during football small-sided games. *Human Movement Science*, 38, 241–250. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.10.005>

Part 6. Referències

- Travassos, B., Vilar, L., Araújo, D. i McGarry, T. (2014). Tactical performance changes with equal vs unequal numbers of players in small-Sided football games. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 594–605. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868745>
- Vaz, L., João, P. V., Gomes, I., Gaspar, P., and Figueira, B. (2019). Effects of rugby specific small-sided games in rugby union players. *Motricidade*, 15, 142–142.
- Vidal, A. M. i Pereira, P. D. (2008). *Creatividad y deporte: consideraciones teóricas e investigaciones breves*. Sevilla: Wanceulen SL.
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., Travassos, B., Duarte, R., Parreira, J., ... Duarte, R. (2012). Interpersonal coordination tendencies supporting the creation/prevention of goal scoring opportunities in futsal. *European Journal of Sport Science*, 14(1), 28–35. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.725103>
- Vilar, L., Esteves, P. T., Travassos, B., Passos, P., Lago-Peñas, C., Davids, K., ... Davids, K. (2014). Varying Numbers of Players in Small-Sided Soccer Games Modifies Action Opportunities during Training. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(5), 1007–1018. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.1007>
- Walia, C. (2019). A dynamic definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 31(3), 237–247. <https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1641787>
- Withagen, R., De Poel, H. J., Araújo, D. i Pepping, G. J. (2012). Affordances can invite behavior: Reconsidering the relationship between affordances and agency. *New Ideas in Psychology*, 30(2), 250–258. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.12.003>

