



BECA AVRIGA FVSCVS 2019 Modalitat I: Projecte Investigació



Valoració del Canvi de Direcció i Anàlisi mitjançant tecnologia GPS

Autor:

GERARD MERINO ELGARRISTA ¹

¹ *Graduat en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport – INEFC LLEIDA – Universitat de Lleida (UdL)*

Col·laborador:

MANUEL LAPUENTE SAGARRA ^{2,3}

² *Smart Performance & Sport Science*

³ *STATSports®*



Smart Performance & Sport Science
By Manuel Lapuente Sagarra



Índex

OBJECTIU	3
HIPÒTESI	3
INTRODUCCIÓ	3
Quantificació i control de la càrrega	
Tecnologia GPS	
INTERÈS DE L'ESTUDI	8
Canvi de Direcció (CdD)	
Prevenió de Lesions	
METODOLOGIA	11
Test Proposat	
Escalfament Proposat	
Instrument (GPS <i>STATSports® APEX Pro Series</i>)	
Procediment	
RESULTATS	16
Gràfics	
Discussió	
Conclusions	
REFERÈNCIES.....	19

Objectiu

L'objecte d'aquest estudi és oferir una proposta per a detectar ràpidament quan es produeix un canvi de direcció voluntari a partir de la geolocalització (latituds i longituds) enregistrada mitjançant la tecnologia GPS.

Hipòtesi

Es creu que a partir de les dades de Latitud i Longitud (azimut), enregistrades i aportades pels dispositius GPS *STATSports® APEX Pro Series*, es poden detectar esdeveniments com el Canvi de Direcció si s'apliquen filtres manualment en *Microsoft Excel®*.

Introducció

El Canvi de Direcció (CdD) és aquella habilitat de modificar la trajectòria d'una massa en una superfície, però quan es parla d'aquests en esport d'equip es fa referència a les persones que modifiquen la seva trajectòria per superar el seu adversari. Les esportistes que realitzin aquests Canvis de Direcció (CdD) en competició més ràpid que el seu adversari podran tenir una avantatge respecte ells (Sheppard, & Young, 2006). Aquestes accions, tant en entrenament específic com en competició, es realitzen contínuament i a diferents velocitats, però per adquirir avantatge s'ha d'executar una força d'acceleració ràpida posterior a una força, tant concèntrica com excèntrica, per desaccelerar i re-accelerar de nou a la nova direcció (Suárez-Arrones, Gonzalo-Skok, Carrasquilla, Asián-Clemente, Santalla, Lara-López & Núñez, 2020). Com es pot suposar la càrrega externa que generen aquestes accions és difícil de quantificar in-situ de la competició, ja que la incertesa de l'esport provoca una variabilitat d'accions impossible de poder predir prèviament.

La quantificació i control de la càrrega d'entrenament és una estratègia acceptada per preparadors físics com a punt de partida per la optimització del rendiment esportiu (Hernández, Casamichana & Sánchez-Sánchez, 2017). La quantificació de la càrrega física de les sessions d'entrenament i la monitorització dels jugadors permeten als entrenadors generar els canvis

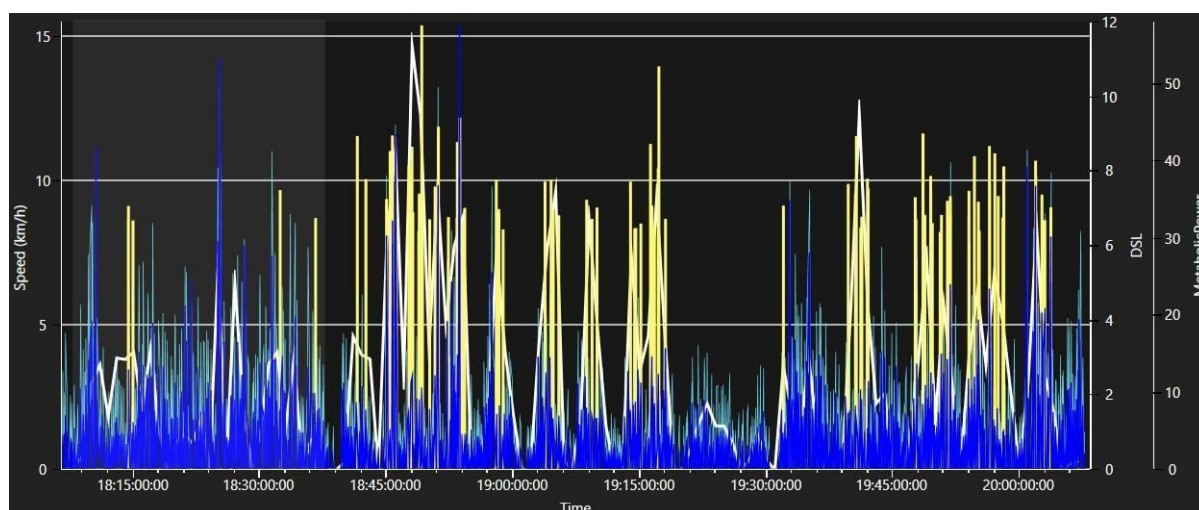
pertinents dia per dia (Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román, & Castagna, 2013; Scott, Lockie, Knight, Clark, & Janse De Jonge, 2013), sent de vital importància per a millorar el rendiment tant a nivell individual de cada esportista en entrenaments com en competició.

La càrrega en l'esport està basada en el volum per la intensitat, sent la primera la quantitat de treball realitzat incorporant les hores d'entrenament, la massa desplaçada per sessió, les sèries i les repeticions i, la intensitat, expressada com un percentatge de la càrrega d'una repetició màxima (Bompa, 2006) i la freqüència d'entrenament. Hi ha quatre mètodes per quantificar la càrrega d'entrenament segons Hopkins: qüestionaris retrospectius, els més senzills de confeccionar i més barats; els diaris, un mètode més vàlid que l'anterior des del punt de vista de l'esport, però els esportistes perden l'interès al llarg del temps; monitorització fisiològica, monitorització durant una sessió d'entrenament o monitorització en un període de temps extra – sessió; i observació directa, aquesta elimina la subjectivitat de l'esportista, però pot induir a error per part de l'observador (Hopkins, 1991). La percepció subjectiva de l'esforç, per part de l'entrenador i cos tècnic, contrastada amb la percepció de l'esportista pot ser una bona eina per determinar si les càrregues planificades s'assemblen a les realitzades (Wallace, Slattery & Coutts, 2009). La tecnologia GPS és també un instrument utilitzat per a quantificar la càrrega d'entrenament, començant a aparèixer en l'esport a partir del 2001 (Larsson & Henriksson-Larsen, 2001).

El sistema GPS es va inventar amb finalitats militars a EEUU, es basa en un sistema de localització de posició mitjançant el temps entre enviament i rebuda de la senyal del GPS receptor i els satèl·lits, sent necessaris la sincronització de tres satèl·lits per determinar aquesta geolocalització (Larsson, 2003). En esport, els dispositius GPS es solen utilitzar per aportar informació sobre distància, velocitat i la intensitat d'esprints repetits dels esportistes (Scott, Black, Quinn & Coutts, 2013), també per a quantificar les demandes físiques d'un partit de

competició (Clarke, Anson & Pyne, 2014). A més precisió de la tecnologia GPS es podrà quantificar millor els canvis de direcció, sent molt important per millorar la condició física dels practicants i el disseny dels programes específics d'entrenament (Aughey, 2011).

Els GPS més moderns poden proporcionar una eina acceptable per al mesurament de la constant velocitat, acceleració i desacceleració durant el funcionament en línia recta i tenen la sensibilitat suficient per detectar canvis en el rendiment (Varley, Fairweather, Aughey, 2012), per això és essencial conèixer la fiabilitat i la validesa de la tecnologia que s'està utilitzant (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009), en el cas dels STATSports®, en aquest 2018 arribant a enregistrar fins i tot a 18 Hz en GPS i 600 Hz en accelerometria triaxial.



Il·lustració 1: Software STATSports amb dades de Velocitat, DSL i Metabolic Power durant un entrenament de bàsquet

El sistema GPS ha esdevingut una eina força estandaritzada en els últims anys, entre altres tecnologies, per l'esport d'alt rendiment, sent un molt bon suport pels entrenadors i membres de cos tècnic de moltes disciplines esportives per la seva quantitat ingent de dades que enregistren aquests aparells cada dia més sofisticats. Per tant, a primer cop d'ull es podria dir que és un bon instrument per a la quantificació de la càrrega dels esportistes. Fent una revisió de la literatura, es troben diferents aparells que han estat utilitzats per a la quantificació de la càrrega, sent el radar molt estès per a proves de valoració de l'esprint horitzontal lineal, dispositiu que fou validat en estudis d'esprints en diverses ocasions (Chelly & Denis, 2001; di Prampero, Fusi, Sepulcri, Morin, Belli & Antonutto, 2005; Morin, Jeannin, Chevallier & Belli, 2006).

L'esport d'alt rendiment normalment s'associa a noves tecnologies, poques vegades es comenta que aquestes s'apliquin o es vulguin aplicar a esportistes amateurs o de formació, ja sigui perquè són cars o perquè potser es veuen massa "complexes" per explotar les seves possibilitats. Això comporta que no es miri més enllà de tests físics estandaritzats, de distància total recorreguda, pulsacions per minut, entre altres variables per determinar la càrrega dels esportistes. Durant els últims anys, han sorgit diferents empreses que ofereixen instruments GPS cada cop més

específics i sofisticats, i també d'altres de molt econòmics, però la qüestió pertinent no és quin instrument adquirir sinó què es pretén buscar, ja que aquests dispositius aporten una quantitat immensa de dades (Dades amb GPS, accelerometria Triaxial, càlculs concrets de cada software...). En la majoria dels esports, i encara més en els col·lectius, els aspectes claus per millorar el rendiment sempre es basen en la velocitat de les accions; el jugador més ràpid superarà al més lent ja sigui en esprints, canvis de direcció o en un gest tècnic específic.

La velocitat és l'agrupació de factors que permeten realitzar accions motrius, en les condicions donades, en el menor temps possible (Martin Acero, 2000), aquestes accions però, estaran condicionades no només per la quantitat de velocitat que s'assoleixi, sinó que serà de vital importància el procés d'adquisició d'aquesta velocitat, és a dir, l'acceleració, que es defineix com la magnitud física que indica com varia la velocitat d'un cos en relació al transcurs del temps. El sistema GPS permet disseccionar una acció en tants parcials com Hz enregistri l'aparell, això vol dir que si un GPS treballa a 10Hz, qualsevol acció es podrà desgranar en 0.1" i si, a més a més, aquest dispositiu incorpora altres tecnologies (com poden ser Accelerometria Tri-Axial i Giroscopi) es poden creuar dades per obtenir uns resultats encara més precisos. Per aquesta raó pot ser una eina de força interès el poder treballar amb tecnologia d'alta precisió, ja que conèixer com evoluciona una acció (primers moments, finals, etc.) aportarà informació molt específica que després pot ser utilitzada per quantificar la càrrega tant dels entrenaments com de les accions de competició, etc.

Interès de l'estudi

Diferents científics de l'esport argumenten que la velocitat del canvi de direcció és una qualitat essencial pels atletes d'esports de camp (Lockie et al., 2003; Dawson et al., 2004; Spencer et al., 2005), sent la capacitat del canvi de direcció un requisit previ per obtenir èxit en els esports moderns (Gil et al., 2007; Reilly et al., 2000) i realitzar aquest canvi de direcció durant l'esprint pot ser determinant pel rendiment en aquest tipus d'esports (Sheppard & Young, 2006).

Les habilitats d'accelerar, el revers, o el moviment del canvi de direcció i re-accelerar són components importants pels esports multidireccionals i estan reconeguts com a canvis de direcció en velocitat (Dos'Santos et al., 2018) i aquí és on recau la importància d'entrenar aquestes accions per millorar el rendiment dels esportistes, que al cap i a la fi seran moviments específics de cada esport en concret. Les demandes biomecàniques dels CdD són l'angle i la velocitat d'execució, els dos factors són crítics i influeixen directament sobre l'execució tècnica de la desacceleració i la re-acceleració, la càrrega de les articulacions del genoll i una menor activitat muscular (Dos'Santos et al., 2018), com s'argumenta anteriorment, la velocitat de les accions en l'esport és de vital importància però alhora també posa en risc diferents estructures de l'esportista que cal tenir en compte.

En un estudi on van analitzar a través de suport audiovisual a esportistes de bàsquet, els resultats van mostrar que el 72% de les lesions de lligament creuat anterior (LCA) es van produir sense contacte en el moment de la lesió (Krosshaug et al., 2007). Els CdD estan associats amb les lesions de lligament creuat anterior sense contacte en l'esport (Dos'Santos et al., 2018) és per això que en esports de camp, els CdD, al ser moviments multidireccionals, poden generar molts inconvenients tan a nivell de superació/venciment de l'adversari (rendiment esportiu), com a nivell de lesió per una frenada sobtada (desacceleració i força excèntrica) on el subjecte ha de generar una força suficient per a contrarestar-la. La lesió del LCA es produeix quan l'esportista genera sobre si mateix grans moments de força al genoll que aplica una càrrega excessiva sobre

el LCA (Yu & Garret, 2007), a més a més, un dels mecanismes lesius del lligament lateral intern (LLI), és la combinació d'estrès en valc, juntament amb la rotació externa de la tibia i flexió de genoll, en accions esportives com els canvis de direcció, entre d'altres (Gómez & Ortega, 2013), per tant es considera prou interessant poder conèixer els moments específics del CdD per realitzar un anàlisi acurat del què succeeix en moments de risc.

Poder realitzar una acció més ràpida que el teu adversari pot proporcionar més accions de perill a favor, tenint més oportunitats per finalitzar aquella competició amb victòria. En el cas del futbol, l'11% de la distància recorreguda d'un jugador en un partit són accions d'alta intensitat de canvis de direcció (Little & Williams, 2006), mentre que en el bàsquet un jugador pot realitzar fins a 835 girs en un partit (Gonzalo-Skok, 2015), aquests són dos exemples només d'esports amb molts canvis de direcció durant un enfrontament.

Observant que els canvis de direcció són accions de molta importància en aquest tipus d'esports, es considera doncs un factor important la detecció dels CdD i de les seves característiques per tal d'aproximar-se al coneixement de la càrrega relacionada amb aquests esdeveniments, per tal de ser utilitzada per una preparació específica més acurada. En el cas dels sistemes GPS esportius hi ha la possibilitat d'extreure les dades enregistrades mitjançant el desplaçament dels esportistes (dades de latituds i Longituds), així doncs es pretén trobar una fórmula que permeti detectar els CdD de manera molt precisa i que permeti una anàlisi ràpida.



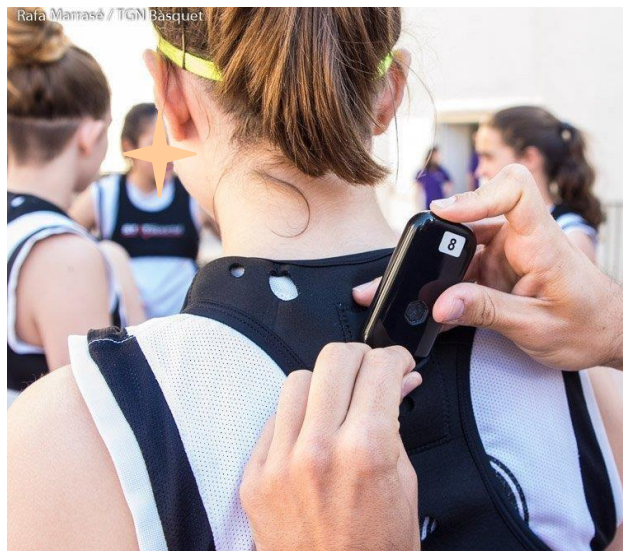
Il·lustració 2: Enregistrament del desplaçament d'una jugadora de bàsquet en entrenament

Escalfament proposat

Es proposa un escalfament estàndard per a tots els participants de manera dirigida, simultàniament per a tots els subjectes: Realitzar 5 minuts de cursa contínua, seguidament un augment del ritme de manera progressiva d'aquesta cursa. Per finalitzar l'escalfament els subjectes realitzaran uns esprints de manera progressiva amb desacceleració final.

Instruments

El material per la recollida de dades són els dispositius GPS STATSports® APEX Pro Series, cada aparell va ficat dins d'una armilla de pit elàstica adaptable al cos on queda situat l'aparell entre les escàpules i alineat amb la columna vertebral.



Il·lustració 3: Col·locació del dispositiu APEX Pro Series amb l'armilla

El hardware d'STATSports® APEX Pro Series enregistra a 400 Hz d'accelerometria triaxial i 10 Hz en GPS, sent una bona eina per a poder veure de manera objectiva què és el que succeeix en moments molt específics com és el Canvi de Direcció. La facilitat a més a més de col·locació per als subjectes permet implementar-la dins dels entrenaments d'esports col·lectius sense influir en les tasques específiques de l'esport, cosa que altres instruments de mesura impossibiliten o compliquen el seu ús dins d'aquestes accions (radars, cèl·lules...).

Subjectes

El test es va realitzar a més de 40 jugadores de bàsquet, però per realitzar l'anàlisi estadístic es va aplicar la fórmula a 20 jugadores de bàsquet categoria cadet (15±1 anys) d'un club tarragoní de la màxima categoria competitiva per homogeneïtzar les condicions

Procediment

El GPS aporta les dades del desplaçament en Lat i Lon (una dada de Lat i una de Lon per cada 0.1"), així doncs es pot determinar en cada moment la situació en que es troba el subjecte, però el problema apareix per detectar, amb la immensitat de dades, quan es realitza el canvi de direcció voluntari en la prova del v-cut.

La proposta comença fent una transportació de dades del software GPS STATSports® en un full de càlcul amb Microsoft Excel®, llavors en aquest document determinar quan hi ha canvis només de Lat, és a dir, posant un exemple, si el parcial 2 té menys graus decimals que el parcial 1 es considerarà que hi ha desplaçament cap a l'Oest (O), si el parcial 3 té menys graus decimals que el parcial 2 es considerarà que hi ha desplaçament cap a l'Est (E) i, si el parcial 4 té els mateixos graus decimals que el parcial 3 es considerarà que no hi ha canvi respecte a la Lat (X), aquesta columna la expressarem com a "Dir E-O".

Exemple:

$$= SI(A3 < A2;"O"; SI(A3 > A2;"E";"X"))$$

Considerant "A" com valor específic de Lat

A continuació es realitza el mateix amb la Lon, considerant que hi ha desplaçament cap al Nord (N) si el parcial 2 té menys graus decimals que el parcial 1, Sud (S) si és al contrari i (X) si no hi ha canvi en relació a la Lon i el valor enregistrat pel GPS no varia, aquesta columna la expressarem com a “Dir N-S”.

Exemple:

$$= SI(C3 < C2;"N"; SI(C3 > C2;"S";"X"))$$

Considerant “C” com valor específic de Lon

Quan s’obtenen les columnes de direcció s’afegeix una altra columna, que determina si a la columna de direcció, en relació a la Lat, hi ha CANVI o NO CANVI de direcció en cada parcial (Canvi E-O).

Exemple:

$$= SI(Y(B4 = "O"; B3 = "E");"CANVI"; SI(Y(B4 = "E"; B3 = "O");"CANVI"; SI(Y(B4 = "E"; B3 = "X");"CANVI"; SI(Y(B4 = "O"; B3 = "X");"CANVI";"NO CANVI"))))$$

Considerant “B” com a “Dir E-O”

Obtinguda la columna Canvi E-O es realitza el mateix procés però amb les dades de Lon (Canvi N-S).

Exemple:

$$= SI(Y(D4 = "N"; D3 = "S");"CANVI"; SI(Y(D4 = "S"; D3 = "N");"CANVI"; SI(Y(D4 = "S"; D3 = "X");"CANVI"; SI(Y(D4 = "N"; D3 = "X");"CANVI";"NO CANVI"))))$$

Considerant “D” com a “Dir N-S”

S'afegeix una última columna amb una darrera condició per determinar quan hi ha algun canvi de direcció en relació a Lat (columna Canvi E-O) i Lon (Canvi N-S).

Exemple:

= SI(Y(E4 = "CANVI"; F4 = "NO CANVI");"SI";

SI(Y(E4 = "NO CANVI"; F4 = "CANVI");"SI";"NO"))

Considerant "E" com a "Canvi E-O" i "F" com a "Canvi N-S"

Generades aquestes columnes, només caldrà activar la opció "Filtre" en la última columna, la que determina si hi ha algun canvi de direcció en qualsevol moment de la mostra de dades escollida. S'activa el filtre clicant exclusivament la casella "SI" per amagar els moments en els quals no es realitza cap canvi de direcció, deixant visible únicament les cel·les dels moments del canvi de direcció.

Lat	dirE-O	Lon	dir N-S	canvi E-O	Canvi N-S	Canvi Si/N
41.599943	O	0.578345	S	NO CANVI	CANVI	SI
41.5999307	O	0.57834417	S	NO CANVI	CANVI	SI
41.5999212	O	0.578344	N	NO CANVI	CANVI	SI
41.599912	E	0.57833633	N	CANVI	NO CANVI	SI
41.5999258	O	0.57830117	N	CANVI	NO CANVI	SI
41.5998985	E	0.57828583	N	CANVI	NO CANVI	SI
41.5999145	O	0.57825333	N	CANVI	NO CANVI	SI
41.5998853	O	0.57824283	S	NO CANVI	CANVI	SI
41.5998718	O	0.57824417	N	NO CANVI	CANVI	SI
41.5998685	O	0.57824433	S	NO CANVI	CANVI	SI
41.5998627	O	0.5782445	N	NO CANVI	CANVI	SI
41.59986	O	0.5782455	S	NO CANVI	CANVI	SI
41.5998468	O	0.57824667	N	NO CANVI	CANVI	SI
41.599844	O	0.57824733	S	NO CANVI	CANVI	SI
41.5998397	O	0.57824767	N	NO CANVI	CANVI	SI

Taula 1: Full de càlcul amb fórmules i filtre activats

Discussió

La realització del test v-cut (Gonzalo-Skok, 2015) com a prova inicial per a cercar el canvi de direcció ha resultat ser molt útil, les dades obtingudes a partir del test es poden arribar a analitzar per segments bilateral i/o unilateralment, aïllar la fase accelerativa de la desaccelerativa, trobar diferències entre els primers canvis de direcció i els últims, etc.

Utilitzar aquesta eina pot ser una molt bona manera per determinar quins canvis de direcció es produeixen durant una tasca, un entrenament complet, un partit, una acció aïllada en un rol determinat, etc. En esports on el canvi de direcció sigui una acció molt repetida en el temps pot ser de vital importància detectar aquests moments, ja sigui per millorar el rendiment com per prevenir lesions pel caràcter agressiu que comporta realitzar aquesta acció a alta velocitat (Gómez & Ortega, 2003).

L'aplicació d'aquest mètode estarà limitat a aquells esports i/o pràctiques d'activitat física que generin canvis de direcció, sent de molt d'interès ja que serà més senzill seguir el recorregut dels practicants i determinar quins són els moments on genera un canvi de direcció, quins són els rols que generen més aquesta acció, etc. Si aquesta informació es complementa amb el moment concret que es realitza el canvi, el hardware del GPS enregistra la quantitat de força G en el moment del canvi de direcció o es fa un càlcul a partir de la potència mecànica, es pot saber quins són els esportistes que poden tenir un risc més elevat de lesió i tenir la oportunitat de fer un seguiment més exhaustiu d'aquests moments crítics.

Conclusions

Fent aquest tractat es pot guanyar temps per part dels entrenadors en valorar els canvis de direcció per part dels seus esportistes.

Tot i així, seria molt interessant seguir aquesta investigació en tasques específiques de qualsevol esport, per acabar de determinar que aquesta proposta és eficaç amb canvis de direcció més continus i amb incertesa per part de l'esportista.

La majoria d'esportistes no són molt partidaris de tests màxims, per això el poder testar in-situ de les tasques específiques d'entrenament sense la necessitat de realitzar tests de màxima exigència (amb l'estrès muscular, mecànic i del sistema nerviós central que comporten aquestes proves), seria un gran avanç en l'àmbit de la preparació física i prevenció de lesions, ja que no s'exposaria als esportistes a un estrès innecessari que de manera indirecta es pogués aconseguir un perfil de rendiment i condició física actual d'aquests.

Referències

- Aughey, R. (2011). Applications of GPS Technologies to Field Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295-310. doi: 10.1123/ijsp.6.3.295
- Bompa, T., (2006). *Periodización del entrenamiento deportivo* (2a ed.). Badalona: Paidotribo
- Casamichana Gómez, D., Castellano Paulis, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 369–374. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182548af1
- Chelly, S. M., & Denis, C. (2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(2), 326-333.
- Clarke, A., Anson, J. & Pyne, D. (2014). Physiologically based GPS speed zones for evaluating running demands in Women's Rugby Sevens. *Journal of Sports Sciences*, 33(11), 1101-1108. doi: 10.1080/02640414.2014.988740
- Dawson, B., Hopkinson, R., Appleby, B., Stewart, G. & Roberts, C. (2004). Player movement patterns and game activities in the Australian Football League. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7, 278-291.
- di Prampero P., Fusi S., Sepulcri L., Morin J.B., Belli, A. & Antonutto, G. (2005) Sprint running: a new energetic approach. *The Journal of Experimental Biology*, 208, 2809–2816. doi: 10.1242/jeb.01700
- Dos'Santos, T., Comfort, P. & A.Jones, P. (2018). Average of trial peaks versus peak of average profile: impact on change of direction biomechanics. *Sports Biomechanics*, doi: 10.1080/14763141.2018.1497197
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P. & A.Jones, P. (2018). The effect of angle and velocity on change of direction biomechanics: An angle-velocity trade-off. *Sports Medicine*, 48(10). 2235-2253. doi: 10.1007/s40279-018-0968-
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P. & A.Jones, P. (2018). Comparison of change of direction speed performance and asymmetries between team-sport athletes: application of change of direction deficit. *Sports*, 6(4), 174. doi: 10.3390/sports6040174
- Gil, S., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *Journal Strength Conditioning Resistance*, 21(2), 438-45.
- Gómez, P., & Ortega, J. M. (2013). Propuesta de control y seguimiento del proceso de readaptación funcional de una lesión de rodilla. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*. Recuperat de <https://www.researchgate.net/publication/272885059>
- Gonzalo-Skok, O. i Tous, J., (2015). *La velocidad en el cambio de dirección en los deportes de equipo: evaluación, especificidad y entrenamiento* (Tesis doctoral). Recuperat de www.ResearchGate.net/publication/321481792

- Hernández, D., Casamichana, D. & Sánchez-Sánchez. (2017). La cuantificación de la carga de entrenamiento como estrategia básica de prevención de lesiones. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*. Recuperat de <https://www.researchgate.net/publication/320677274>
- Hopkins, W. (1991). Quantification of training in competitive sports, methods and Applications. *Sports Medicine*, 12(3): 161-183. doi: 10.2165/00007256-199112030-00003
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A. & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278.
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R., ... & Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *The American journal of sports medicine*, 35(3), 359-367. doi: 10.1177/0363546506293899
- Larsson P., Henriksson-Larsen, K. (2001). The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering. *Medicine and Science in Sports Exercise*. 33(11):1919–1924. doi:10.1097/00005768-200111000-00018
- Larsson, P. (2003). Global Positioning System and Sport-Specific Testing. *Sports Medicine*, 33(15), 1093-1101. doi: 10.2165/00007256-200333150-00002
- Little, T. & Williams, G. (2006). Suitability of soccer training drills for endurance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 316–319.
- Lockie, R., Murphy, A. & Spinks, C. (2003). Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 760-767.
- Martin Acero, R. (2000). Velocidad en fútbol: aproximación conceptual. *Revista digital: educación física y deporte*, 25. Recuperat de <http://www.efdeportes.com/efd25/velocf.htm>
- Morin, J. B., Jeannin, T., Chevallier, B., & Belli, A. (2006). Spring-mass model characteristics during sprint running: correlation with performance and fatigue-induced changes. *International journal of sports medicine*, 27(02), 158-165. doi: 10.1055/s-2005-837569
- Reilly, T., Williams, A., Nevill, A. & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal Sports Science*, 18(9), 695-702. doi: 10.1080/02640410050120078
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & Janse de Jonge, X. A. (2013). A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 8(2), 195-202.
- Sheppard, J. & Young, W. (2006). Agility literature review: Classification, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932.
- Suarez-Arrones, L., Gonzalo-Skok, O., Carrasquilla, I., Asián-Clemente, J., Santalla, A., Lara-Lopez, P., Núñez, F.J. (2020). Relationships between Change of Direction, Sprint, Jump, and Squat Power Performance. *Sports*, 8, 38.

Varley, M., Fairweather, I. & Aughey, R. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 121-127. doi: 10.1080/02640414.2011.627941

Wallace, L. K., Slattery, K. M. & Coutts, A. J. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 33-38. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181874512

Yu, B., & Garrett, W. E. (2007). Mechanisms of non-contact ACL injuries. *British journal of sports medicine*, 41(suppl 1), i47-i51. doi: 10.1136/bjism.2007.037192