

eman ta zabal zazu



Universidad Euskal Herriko
del País Vasco Unibertsitatea

**Facultad de Educación y Deporte
Heziketa eta Kirol Fakultatea**

Departamento de Educación Física y Deportiva
Gorputz eta Kirol Hezkuntza Saila

ENTRENAMENDU-KARGA ABSOLUTUAREN ETA ERLATIBOAREN ANALISIA FUTBOLEAN

DOKTOREGO-TESIAREN EGILEA

UNAI ZURUTUZA MARTIN

DOKTOREGO-TESIAREN ZUZENDARIA

JULEN CASTELLANO PAULIS

Vitoria-Gasteiz 2020

“AMA, hiru hizkik osatzen duten hitz labur eta erraldoia.

Guztiok erraietan daramagun hitza.

Idazten diren hitz guztiak ez dira nahiko amari eskerrak emateko.

Inoiz ezingo zaio ama bati nahikoa eskertu norberagatik egin duena.”

Iñaki Etxezarraga Maiztegi ‘Etxe’

AMA,

ESKERRIK ASKO DENAGATIK

“The Best way to predict the future is to create it”

Peter Drucker

“Things are not to be told, but done, because they speak for themselves while being done”

Woody Allen

“Without data you're just another person with an opinion”

W. Edwards Deming

“Don't let the noise of others' opinions drown out your own inner voice”

Steve Jobs

ESKER ONAK

Doktorego-tesia ikasle batek ikerketa bati buruz egindako ikerlan idatzia da, era indibidualean gauzatu behar den ezagutza akademikoko gai zehatz baten sakontze bertikala. Doktorego-tesi bat burutzea ez da lan erraza, esfortzu eta sakrifizio ugari egin behar baitira. Lan-prozesu honetan, modu batean edo bestean pertsona askok hartu dute parte, baina lan hori ez zatekeen posible izango nire zuzendariaren sostengua izan ez banu.

Horregatik, lehenik eta behin, nire bidelagunari eman nahi nizkioke eskerrak, nire zuzendari izan den Julen Castellanori. Eskerrak, buruhauste izugarriak ematen zizkidaten hainbat gauza ikerlanaren indargune bihurtzeko egindako proposamenagatik, baita zure ezagutzak eta esperientzia transmititzeagatik ere, nire prestakuntzarako aberasgarriak izan direlako.

Eskertzeko da, halaber, nire egoerara egokitzeko erakutsi duzun inplikazio eta malgutasun ordainezina, beti ez delako erraza izan. Ederto dakit zer babes handia eman didazun, hala maila profesionalean nola pertsonalean, eta horrek berebiziko garrantzia izan du niretzat.

Bigarren bidelagun ukaezinak Beasain Kirol Elkartearen osatzen duten kideak izan dira: xebolo, claver, txistu, aiert, txemita, diez, aranda, richard, burux, jony, iturbe, larri, pablo, kinti, enri, javi, iñigo, kepa, luisito, jakes, batxu, txesta, mikel, vero, iosu, urko, izaro, dino, urtzi, mendi, ixku, asen, rafa, beñat, jonma, danel, jonzu, tximen, orue, aitor, etxebe, asier, olaizola, valdor, artola, iker, urze, eta pipo.

Azkenik, eskerrik asko nire familiari, kuadrillari, pisukideei eta lagunei, beti hor egoteagatik, eta nahiz eta bakoitzak bere bidea hartu, elkarrekin gauden momentuak bereziak izaten jarraitzen dutelako. Zuek gabe, zuen ideiak gabe, zuen denbora gabe, doktorego-tesi hau ez zatekeen posible izango. Ni neu ere ez nintzateke naizena izango. Horregatik, zuotako bakoitzari, MILA ESKER BIHOTZ-BIHOTZEZ, NAGOEN LEKURAINO IRISTEN LAGUNDU IZANAGATIK.

DEKLARAZIOA

Nik, Unai Zurutuza Martinek, ziurtatzen dut doktorego-tesi honen egilea naizela, eta ikerketa-prozesu guztian parte hartu dudala, lanaren diseinutik hasi eta azken dokumentu hau idazteraino. Horretarako, ezinbestekoa izan da lana diseinatzea, bibliografia aztertzea, entrenamendu eta partidetan datuak jasotzea, datu horiek analizatzea, emaitzak interpretatzea eta eztabaida sakon bat planteatzea. Laburbilduz, artikulua aldizkarietan publikatzeko jarraitu behar diren baldintzak betetzea. Lan hau ezinezkoa litzateke Julen Castellanoren gidaritza gabe, bera baita tesi honen tutorea eta zuzendaria. Lagunduta sentitu naiz une oro, ibilbide hau hasi zenetik amaitu den momentura arte.

Bestalde, aipatu, Heziketa eta Kirol Fakultateak eskainitako zerbitzuak erabili ditugula datuak biltzeko fasean, pultsometro eta GPS gailuez baliatuz. Horrez gain, ikerketa hauek egiteko orduan ez dut inolako finantziatorik eskatu edo jaso. Ikerketa hauek burutzeko orduan ez da inongo interesen gatazkarik izan.

IRAKURKETARAKO AHOLKUAK

Doktorego-tesia azalpen dokumentu bat da, egileak gai zehatz baten inguruan duen iritzia edo ikuspuntua azaltzen duena. Doktorego-tesi hau hainbat artikulutan argitaratutako edukiaren eta informazioaren bilduma da. Lanak, orotara, hamabi atal ditu.

Lehenengo atalean —hau da, sarreran—, tesiaren aurkezpena eta gaiaren zergatia azalduko dira. Edukien ildoari jarraitzeko, atal horretatik hasi beharko du irakurleak. Futbol klub bateko talde teknikoaren helburu nagusia errendimendu kolektiboa optimizatzea da, maila edozein dela ere. Izan ere, proiektu bera partekatzea bideratutako jokalariek desberdinen (iragan partikularra, orainaldi propioa eta etorkizun ezezaguna dituztenak) helburua hau da: ahalik eta mailarik onenean lehiatzea. Horretarako, ekintza-plan bat ezarri behar da, eta ekintza-plan horretan etorkizuneko gertaerak modu sistematikoan eta arrazionalen aurreikusi behar dira, kontuan hartuta uneko testuingurua, lehiaketaren eskaerak eta, jakina, jokalarien profila. Azken finean, talde teknikoak futbol-talde horrek eskatzen duen sistema konplexuko elementu guztiak OPTIMIZATU behar ditu.

Bigarren atalean, marko teorikoaren testuingurua azalduko da, eta barne- eta kanpo-kargaren kontrolean oinarrituz futbol-partida eta -entrenamenduen monitorizazioa aztertuko da, eta baita nekearen balorazioa ere. Futbol-partida eta entrenamenduen eskaera fisiko-fisiologikoei buruzko ikerketa zientifikoetan oinarrituko da. Hirugarren eta laugarren atalean, ikerketaren helburuak eta erantzunak azalduko dira. Hipotesi horiek argitaratutako hiru ikerketetan aurkezten dira. Doktorego-tesi honen ardatza jokalarien asteko entrenamendu-karga (TL) balio absolutu eta erlatiboetan lehiaketan jasandako kargarekin konparatzea eta gero, horrek nekearekin duen erlazioa aztertzea da. Horregatik, lehenengo artikulua, “Absolute and relative training load and its relation to fatigue in football” titulupean, futbolarien TLaren barneko eta kanpoko aldagaien arteko erlazioaz mintzo da. Artikulu hori lehiaketaren kargaren inguruan, asteko mikroziklotan termino erlatiboaz hitz egin duen lehenengo azterlan izan zen, eta esfortzu horretarako jokalariek metatutako nekea hartu zen kontuan. Prestatzaile fisiko ororen helburua da entrenamendu-saioren bitartez futbolarien errendimendua hobetzea. Horregatik, entrenamenduetako zereginek berebiziko garrantzia hartu dute jokalarien errendimendu fisikoa optimizatzekeo prozesuan.

Bigarren eta hirugarren artikuluetan entrenamenduetako zereginak eta partidek zer-nolako karga duten aztertu zen. Horretarako —hau da, entrenamenduetako ariketen eragina aztertze—, garrantzitsua da bigarren artikulua: “Selecting training-load measures to explain variability in football training games”. Azterlan horretan, osagai nagusien azterketaren (PCA) bidez barneko eta kanpoko intentsitate-aldagaien arteko erlazioen egitura ikertu, eta joko murriztuen zereginen artean nola aldatzen diren zehaztu nahi da. Ildo beretik jarraitzen du hirugarren artikulua, “Comparación de la respuesta física, en términos absolutos y relativos a la competición, de diferentes demarcaciones en tareas jugadas de fútbol”. Kasu honetan, ordea, entrenamenduetako zereginetan futbolarien demarkazio bakoitzerako emandako erantzun fisikoak aztertzen dira, betiere lehiaketaren karga absolutuaren eta erlatiboaren analisisa kontuan hartuta.

Bosgarren atalean, doktorego-tesi honetan erabilitako baliabide metodologikoen inguruan hitz egingo da. Segidan —seigarren eta zazpigarren ataletan—, artikuluen emaitzen eta horien gaineko eztabaiden inguruan hitz egingo da, eta, zortzigarren atalean, doktorego-tesi honen erreferentzia bibliografikoak aurkeztuko dira. Bederatzigarren atalean, berriz, doktorego-tesi honen ondorio orokorrak aurkeztuko dira. Gainera, hamargarren, hamaikagarren eta hamabigarren ataletan, doktorego-tesi honen aplikazio praktikoak, mugak eta etorkizuneko ildoak aurkeztuko dira, hurrenez hurren.

Azkenik, hizkuntzari buruzko aipamen bat: tesia, funtsean, euskaraz egin da, baina tesian biltzen diren hainbat artikulua nazioartekoak izanik, eranskinetan —doktorego-tesi honen amaieran— bi artikulua ingelesez eta beste bat gaztelaniaz idatziak daude. Testuan aurkituko dituzuen artikuluen formatua bateratua izan da. Irakurketa errazteko asmoarekin, laburduren esanahiak beti eskura izango dira orrialde markatzailean.

LABURDURAK

ACC = azelerazioa

BB = batez bestekoa

BM = bihotz-maiztasuna

BMmax = bihotz-maiztasun maximoa

CM = zentimetro

CMJ = kontramugimendudun jauziaren testa edo countermovement jump test

CMJmax = kontramugimendudun jauzien testean jauzi maximoaren balioa

CMJpost = lehiaketaren ostean asteko lehenengo entrenamenduan egindako kontramugimendudun jauzien testa

CMJpre = lehiaketaren aurretik egindako kontramugimendudun jauzien testa

Dacc > 2min = distantzia totalean egindako 2 m/seg^{-2} gorako azelerazioa

DC = atzelaria

Ddec < -2min = distantzia totalean egindako -2 m/seg^{-2} beherako dezelerazioa

DEC = dezelerazioa

DEL = aurrelaria

DL = hegaleko atzelaria

DT = distantzia totala

DTmin = distantzia totala minutuko eta distantzia totala termino absolutuetan

D < %60min = abiadura maximoaren % 60tik behera egindako distantzia totala

D > %60min = abiadura maximoaren % 60-80 tartean egindako distantzia totala

D > %80min =abiadura maximoaren % 80tik gora egindako distantzia totala

ED = edwards

EDWmin = edwards unitate arbitrarioa minutuko

eTL = kanpoko entrenamendu-karga

FATabs = neke muskular absolutua

FATrel = neke muskular erlatiboa

GPS = Kokapen Sistema Globala edo Global Positioning System

Hz = hertz

iTL = barneko entrenamendu-karga

JRL = joko murriztu handiak

JRM = joko murriztu ertainak

JRP = joko murriztu txikiak

LSG = joko murriztu handiak

MC = erdilaria

ML = hegaleko erdilaria

Mmin = minutuko egindako distantzia

MSG = joko murriztu ertainak

PC = osagai nagusiak

PCA = Osagai Nagusien Azterketa edo Principal Component Analysis

PC1 = lehenengo osagai nagusia

PC2 = bigarren osagai nagusia

PC3 = hirugarren osagai nagusia

PE = entrenamendu-partida

PL = jokalariaren karga edo player load

PLmin = jokalariaren karga minutuko eta jokalariaren karga termino absolutuetan

PL2D = jokalariaren karga bi dimentsiotan neurtua

PM = potentzia metabolikoa edo metapolic power

RPE = Esfortzuaren Pertzepzio Subjektiboa edo Rating of Perceived Exertion

RPEres = saioaren iraupenaren eta arnas aparatuan hautemandako esfortzuaren erantzunaren arteko biderketan lorturiko balioa

RPEmus = saioaren iraupenaren eta muskuluan hautemandako esfortzuaren erantzunaren arteko biderketan lorturiko balioa

SG = entrenamendu-partida

SPSS = Statistical Package for the Social Sciences

sRPE = RPE saioko

sRPEres = arnas aparatuan hautemandako balioa RPE saioko

sRPEmus = muskuluan hautemandako balioa RPE saioko

SSG = joko murriztu txikiak

TD = distantzia totala

TDA > 2 = distantzia totalan egindako 2 m/seg⁻² gorako azelerazioa

TDD < - 2 = distantzia totalan egindako -2 m/seg⁻² beherako dezelerazioa

TD80 = abiadura maximoaren % 80tik gora egindako distantzia totala

TL = entrenamendu-karga edo training load

TQR = Errekuperazioaren Indize-Maila edo Total Quality Recovery

TQRpost = asteko lehenengo entrenamenduan erantzundako galdetegiaren aldagaia

TQRpre = lehiaketa aurreko asteko azkeneko entrenamenduan erantzundako galdetegiaren aldagaia

TQRcomp = lehiaketan erantzundako galdetegiaren aldagaia

T >%80 HRmin = bihotz-maiztasun maximoaren % 80 baino gorago igarotako denbora

UA = unitate arbitrarioak

UPV/EHU = University of the Basque Country / Euskal Herriko Unibertsitatea

Vmax = abiadura maximoa

VO_{2max} = oxigeno-kontsumo maximoa

% = portzentajea

%DT = distantzia totala termino erlatiboetan

%PL = jokalarien karga termino erlatiboetan

%50-80 HRmax = bihotz-maiztasun maximoaren % 50-80 bitartean igarotako denbora

%80-90 HRmax = bihotz-maiztasun maximoaren % 80-90 bitartean igarotako denbora

>%90 HRmax = bihotz-maiztasun maximoaren % 90 baino gorago igarotako denbora

±SD = desbideratze estandarra

AURKIBIDEA



AURKIBIDEA

1. Sarrera	27
1.1. Entrenamendu-kargaren eta nekearen monitorizazioa	28
1.2. Entrenamendu-karga eta honek nekearekin duen erlazioa	30
2. Marko Teorikoa	35
2.1. Entrenamendu-kargaren monitorizazioa futbolean	35
2.1.1. Kanpo-kargaren monitorizazioa	35
2.1.1.1. Aztertu beharreko aldagaien sailkapena	36
2.1.1.2. I. Maila: Abiadura-tarte desberdinetara egindako distantziak	37
2.1.1.3. II. Maila: Abiadura-aldaketa (azelerazioa)	38
2.1.1.4. III. Maila: Mugimendu inertziala	39
2.1.1.5. IV. Maila: Dimentsio metabolikoa	41
2.1.2. Barne-kargaren monitorizazioa	42
2.1.2.1. Bihotz-maiztasuna	42
2.1.2.2. Esfortzuaren Pertzepzio Subjektiboa (RPE)	44
2.2. Nekearen monitorizazioa futbolean	46
2.2.1. Errekuperazioaren Indize-Maila (TQR)	46
2.2.1. Kontramugimendudun jauziaren testa (CMJ)	47
3. Helburuak	51
4. Hipotesiak	55
5. Baliabide Metodologikoak	59
5.1. Diseinua	59
5.2. Parte-hartzaileak	61
5.3. Aldagaiak	61
5.4. Prozedura	64

5.4.1. Pultsometro eta GPS gailuak	64
5.4.2. Neke neuromuskularra	65
5.4.3. Esfortzuaren pertzepzio subjektiboa	66
5.4.4. Neke subjektiboa.....	66
5.4.5. Materialak eta Protokoloak.....	66
5.5. Analisi Estatistikoa.....	68
6. Emaitzak	73
6.1. Lehenengo Ikerketa	73
6.2. Bigarren Ikerketa.....	75
6.3. Hirugarren Ikerketa	79
7. Eztabaida	87
7.1. Lehenengo Ikerketa	87
7.2. Bigarren Ikerketa.....	88
7.3. Hirugarren Ikerketa	90
8. Erreferentziak	95
9. Ondorioak.....	119
10. Aplikazio Praktikoak.....	123
11. Mugak	127
12. Etorkizuneko Ildoak	131
Eranskinak.....	135
1. Lehenengo Artikulua.....	135
2. Bigarren Artikulua	157
3. Hirugarren Artikulua.....	177

1. SARRERA



1. SARRERA

Futbola izaera intermitentedun talde-kirola da (Di Salvo, Baron, Tschan, Calderón Montero, Bachl, & Pigozzi, 2007; Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009; Ziogas, Patras, Stergiou, & Georgoulis, 2011), eta intentsitate baxuko esfortzuak intentsitate altuko esfortzuekin tartekatzen dira (Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006a; Orendurff, et al., 2010; Svensson & Drust, 2005). Lehiaketak kirol honetan iraupen eta intentsitate ezberdinetako jarduera-aldiak uztartzen ditu, errekupeazio-aldiek eteten dituztenak (Arnason et al., 2004; Drust, Atkinson, & Reilly, 2007). Futbolean, partida batek duen iraupena kontuan hartuz, gailentzen den metabolismoa aerobikoa da (Bangsbo, Mohr, Poulsen, Perez-Gomez, & Krstrup, 2006b; Hoff & Helgerud, 2004), baina akzio erabakigarrienak —hau da, azelerazioak, dezelerazioak, norabide aldaketak eta jauziak—, metabolismo anaerobikoaren bidez gauzatzen dira (Hoff & Helgerud, 2004; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Horregatik, futbol-jokalariek oinarri kondizional egokia behar dute (Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli, & Lemmink, 2010), jokoak eskatzen dituen ekintza guztiak ahalik eta eraginkortasun handienarekin egiteko (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009).

Kirolaren eskari intermitenteak eta metabolismo aerobiko nahiz anaerobikoa direla medio, futbol-munduan ohikoa izan da jokalariei lehiaketan eta entrenamendu-saioetan ezarritako eskaera fisiko-fisiologikoak aztertzea (Bradley, Di Mascio, Peart, & Olsen, 2010; Dwyer & Gabbett, 2012; Wrigley, Drust, Stratton, Scott, & Gregson, 2012; Malone, Di Michele, Morgans, Burgess, Morton, & Drust, 2015a; Anderson et al., 2016; Los Arcos, Mendez-Villanueva, & Martínez-Santos, 2017; Barrett, McLaren, Spears, Ward, & Weston, 2018). Gainera, eliteko kirolak izan duen bilakaeraren ondorioz, gaur egun lehiaketan egutegia erabat saturatuta dago, zazpi eguneko epean lehiaketa-partida bat edo hiru joka daitezkelarik (Dupont et al., 2010). Hortaz, jokalariek jasaten dituzten TLak gero eta handiagoak dira, eta gainera, euren atsedendialdiak murrizten dituzte. TLak kirolariak jasaten duen estresari edo estimulari egiten dio erreferentzia. Zenbait autorek (Bangsbo, 1997; Buchheit, Horobeanu, Méndez-Villanueva, Simpson, & Bourdon, 2011; Rebelo et al., 2012; Wrigley et al., 2012) azpimarratzen dute jokalariek denboraldi lehiakorrean zehar jasaten duten karga honela banatu daitekeela: % 75-80TL eta % 20-25 lehiaketa-karga. TL horiei behar bezala erantzuteko jokalariek 10-11 hilabetez sasoian egon behar dute (Silva et al., 2011).

Honenbestez, entrenamenduaren eta lehiaketaren eskaera fisiko-fisiologiko handi horiek direla eta, beharrezkoa da futbol-talde bateko jokalarien errendimendua optimizatzeko prestatzaile fisikoek edo zientzialariek beren gaitasun profesionaletan TLaren kontrolarekin lotutako lanak sartzea.

1.1. ENTRENAMENDU-KARGAREN ETA NEKEAREN MONITORIZAZIOA

Gaur egun, baliabide teknologiko ugari daude entrenamendu- edo lehiaketa-karga eta nekea monitorizatzeko (Alexandre et al., 2012; Borresen & Lambert, 2009; Campos-Vázquez, Castellano, Toscano-Bendala, & Owen, 2019; Ehrmann, Duncan, Sindhusake, Franzsen, & Greene, 2016; Malone et al., 2015a; Malone et al., 2015b; Rogalski, Dawson, Heasman, & Gabbett, 2013; Scott, Lockie, Knight, Clark, & Janse de Jonge, 2013; Thorpe et al., 2015). Azken urteotan, informazio zabala ematen duten GPS (*Kokapen Sistema Globala* edo *Global Positioning System*) gailuak aplikatu dira egindako jardueraren edo kanpo-kargaren adierazle gisa (Abbott, Brickley, & Smeeton, 2018; Colby, Dawson, Heasman, Rogalski, & Gabbett, 2014; Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013; Gaudino et al., 2013; Strauss, Sparks, & Pienaar, 2019; Tierney, Young, Clarke, & Duncan, 2016). Jarduera horrek kirolariaren organismoan duen eragina neurtzeari dagokionez (barne-karga), bihotz-maiztasuna (BM) erregistratzen duten gailuak (pultsometroak), odoleko azido laktikoaren analizatzaileak edo, neurri txikiagoan, gas-analizatzaile eramangarriak (Borresen & Lambert, 2009; Campos-Vázquez, Toscano-Bendala, Mora-Ferrera, & Suarez-Arrones, 2017; Clemente et al., 2017; Djaoui, Haddad, Chamari, & Dellal, 2017; Malone et al., 2015a; Thorpe et al., 2015) nabarmentzen dira. Horiez gain, bere sinpletasuna eta kostu txikia dela eta, Esfortzuaren Pertzepzio Subjektiboaren eskala (RPE) asko erabili da azken urteotan kirol-arloan, bai entrenamendu-ariketen analisisian bai saio osoen kuantifikazioan (Barrett et al., 2018; Fessi & Moalla, 2018; McLaren, Coutts, Kelly, McGuigan, & Cormack, 2017; Rago et al., 2020).

Bestalde, orain (Gastin, Meyer, & Robinson, 2013), nekea ebaluatzeko hainbat metodo (objektiboak eta/edo subjektiboak) erabiltzen dira oro har. Alde batetik, nekea objektiboki ebaluatzeko behin eta berriz erabiltzen den prozedura jauzi bertikalen aldaera bat da (CMJ), hala nola kontramugimendudun jauziaren proba (McLean, Coutts, Kelly, McGuigan, & Cormack, 2010; Malone et al., 2015b; Thorpe et al., 2015). Beste aldetik, nekearen ebaluazio subjektiboak hainbat galdetegiren bidez egiten dira: Hopper (Hooper & Mackinnon, 1995), ongizateari lotutako aldagaiak (Thorpe et al., 2016a), TQR —errekuperazioaren indize-mailaren eskala— (Kenttä & Hassmén,

1998), POMS —*Aldartearen Profila edo Profile of Mood States*— (McNair, Lorr, & Drappelman, 1971).

Laburbilduz, esku artean ditugun aukeren artean baliozkotasun handiena dutenak bilatu behar ditugu, modu objektiboan eta subjektiboan lortutako kanpoko eta barneko aldagaien eta nekea ebaluatzeko metodoen kuantifikazio-sarea hobetzen laguntzeko asmoarekin.

Historikoki, TL bolumena eta intentsitatea biderkatuz kalkulatu izan da (Flanagan & Merrick, 2002). Futbol-entrenamendua edo lehiaketa kuantifikatzeko erabiltzen den denbora-unitatea minutua (bolumena) da (Coutts, Wallace, & Slatery, 2004). Jokalariei gutxienez zenbat entrenamendu-ordu (praktika efektiboaren minutuak) ematen dizkiegun kontrolatzea negoziatzen dirudi (Los Arcos, 2014a). Prestatzaile fisikoentzat bolumena neurtzea lan erraza da, baina intentsitatea zehaztea —batez ere entrenamenduan egoera irekiak planteatzen direnean (adibidez, joko-formatu txikietan)— zailagoa da (Karvonen & Vuorimaa, 1988; Flanagan & Merrick, 2002).

Orain arte, bolumen totala erreferentziaz hartuta aztertu dira aldagaiak, gertaeraren denbora kontuan hartzen delako (Castagna, Manzi, Impellizzeri, Weston, & Barbero-Alvarez, 2010; Di salvo, Pigozzi, González-Haro, Laughlin, & De Witt, 2013; Fessi et al., 2016; Rampinini et al., 2007a; Silva, Magalhães, Ascensão, Seabra, & Rebelo, 2013). Futbolean, ordea, lehiaketako joko-denboraren minutu bakoitzeko, distantzia erlatiboak edo egindako distantzia totalak (m/min) esfortzuen intentsitatearen isla zehatzagoa izan dezake, abiadura-tarte desberdinetara egindako distantzia totalak (DT) baino (Suarez-Arrones et al., 2015). Distantzia absolutua ez da bolumen-neurketa bat besterik; distantzia erlatiboa, berriz, intentsitate-neurketa bat da (De Hoyo & Aceña, 2017). Antza, azken urteetan tendentzia bilakatu da aldagaiak erlatibizatzea eta praktika-minututan adieraztea (Campos-Vázquez et al., 2019; Casamichana, Castellano, Díaz, Gabbett, & Martín-García, 2019a; Martín-García, Casamichana, Díaz, Cos, & Gabbett, 2018).

Bestalde, TL asteko lehiaketa-partidarekin konparatzea oso garrantzitsua da, hain zuzen ere, lehiaketa-partida asteko eskaera fisiko/fisiologiko zorrotzenak dituen saioa da (Anderson et al., 2016; Los Arcos et al., 2014c; Los Arcos et al., 2017). Horregatik, azpimarratzen da TL, termino absolutuetan kuantifikatzeaz gain (Gabbett & Ullah, 2012; Cross, Williams, Trewartha, Kemp, & Stokes, 2016), balio erlatiboak erabiliz eta sortzen duen aldaketaren portzentajea (%) behatuz ere zenbatu behar dela (Stevens, de Ruiter, Twisk, Savelsbergh & Beek, 2017). Horrek ahalbidetuko du

jokalariengan ezarritako estimulu-kargaren eskaera lehiaketaren eskaerekin konparatzea; izan ere, eskaera horiek aldakortasun handia erakutsi dute gizabanakoen artean (Ade, Fitzpatrick, & Bradley, 2016; Dellal et al., 2012b; Castellano & Blanco-Villaseñor, 2015; Schuth, Carr, Barnes, Carling, & Bradley, 2016).

Martín-García eta kolaboratzaileek (2019) entrenamendu-zereginei aplikatutako karga balioesteko modu berri hau erabili dute, eta, are gehiago, lehiaketaren eskakizun handieneko eszenatokien deskribapena ere aztertu dute (Delaney, Thornton, Burgess, Dascombe, & Duthie, 2017), entrenamendu-saioetan erabilitako joko-formatu desberdinak demarkazio bakoitzerako lehiaketaren eskakizun maximoak bete ditzaketen azaltzeko. Izan ere, batez besteko (BB) balio horiek soilik erabiltzen badira entrenamendu-lanak eta -saioak diseinatzeko orduan, lehiaketaren eskakizunak gutxietsi edo handietsi egin litezke, eta, beraz, egoera fisikoa optimizatzeko programen garapena mugatu (Campos-Vázquez & Lapuente, 2018). Honenbestez, jokalarien ongizatea bermatzeko interesgarria izan liteke TL kuantifikatzean balio erlatiboan BBak erabiltzeaz gain balio maximoak erabiltzea. Azken finean, demarkazio bakoitzerako entrenamendu-saioen diseinuan fintzeak jokalarien errendimendu fisikoa optimizatzen (Martín-García et al., 2019) eta lesio-aukerak murrizten lagunduko luke (Gabbett, 2016a).

1.2. ENTRENAMENDU-KARGA ETA HONEK NEKEAREKIN DUEN ERLAZIOA

Entrenamenduaren helburu nagusia da futbol-talde bateko jokalarien lehiaketako errendimendua optimizatuko duen eta entrenamendu horren ondorio negatiboak (freskotasun falta, nekea, gaintrenamendua edo lesioa) minimizatuko dituen entrenamendu-estimulu bat ematea (Gabbett, Jenkins, & Abernethy, 2012). Futbol-jokalariek entrenamenduan eta lehiaketan dituzten kargak neke metabolikoa, neuromuskularra edo mentala eragin dezakete aldi baterako (Campos-Vázquez & Toscano, 2014), eta ondorioz, errendimendua murriztu (Fessi et al., 2016) eta jokalariari lesioak eragiteko aukera handitu (Ehrmann et al., 2016). Izan ere, TLak behar bezala ez erabiltzea da ukipenik gabeko lesioen arrisku-faktore nagusietako bat (Soligard et al., 2016).

Hala ere, estimulu-dosi egokiek kirol-errendimenduan hobekuntza nabarmenak eragiteko eta lesio-arriskua murrizteko ahalmena izan dezakete (Gabbett, Hulin, Blanch, & Whiteley, 2016b). Beraz, kirol-prestatzaile fisiko eta teknikoentzat entrenamendu-dosi optimoa zehaztea oso garrantzitsua da. Hain zuzen ere, karga maniatuz eta kontrolatuz jakin genezake entrenamendu-dosia

zer preskripzio izan beharko lukeen (Akenhead, Harley, & Tweddle, 2016), komeni denean neke akutua murrizten saiatzeko (freskotasuna hobetuz); hala, jokalaria lesio-arrisku handiagotik urrun kokatzeko (Gabbett, 2016a). Ez da lan erraza kargaren, neke-freskotasunaren eta errendimenduaren arteko erlazio optimoak bilatzea; izan ere, prozesu indibiduala da, eta, batzuetan, lan-kargarekiko independenteak diren kanpo- eta barne-faktoreek eragiten dute (Gabbett et al., 2012).

Kanpo-karga futbolarien organismoan egokitzapenak eragiteko jokalariai proposatzen zaizkion jardueren multzoa da (Wallace, Slattery, & Coutts, 2009). Futbol-jokalariai lehiaketan eta entrenamenduan egiten duen lan fisikoa da (lasterketa-kopurua, DT, azelerazioak, etab.). Barneko karga, berriz, estimulu horrek norbanakoarengan eragiten duen erantzun fisiologikoa da (alterazio homeostasikoa), eta, seguruenik, kirolariengan eragin anatomikoak, fisiologikoak, biomekanikoak, funtzionalak eta psikosozialak izango ditu (Halson, 2014).

Kanpoko karga da barneko karga zehazteko faktore nagusia (Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005), nahiz eta beste faktore batzuek ere eragina izan dezaketen, esaterako, atletaren egoera genetikoak edo mailak (Bouchard & Rankinen, 2001). Ideia horri dagokionez, esan behar da kanpoko kargaren kalitateak eta kantitateak eragin zuzena duela barne-kargan, hau da, kanpo-karga berak ondorio bereziak izango dituela edukiak modu desberdinean antolatzen badira (Gallo, Cormack, Gabbett, Williams, & Lorenzen, 2015).

Eta, jakina, bi gorputz ezberdinek jasaten duten kanpoko karga berak egokitzapen desberdinak (barneko karga) izan ditzake (Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, Bordon, & Manzi, 2011; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004; Manzi, Bovenzi, Impellizzeri, Carminati, & Castagna, 2013). Are gehiago, antzeko gaitasun aerobikoak dituzten jokalariek (Abt & Lovell, 2009) modu desberdinean asimilatzen dute kanpoko karga bera, eta horregatik, baliteke jokalaria guztientzat egokia ez izatea (gehiegizko edo gutxiegizko karga). Hori dela eta, ezinbestekoa da TL ezagutzea, talde teknikoko kideok aukera izan dezagun lesioen agerraldia aurreikusteko (Gabbett & Jenkins, 2011) edo jokalarien egoera fisikoan (Los Arcos, 2014a) aldaketak eragiteko. Horregatik, funtsezkoa da lan-karga sistematikoki monitorizatzea, trebakuntza-kargaren kantitatea, kalitatea eta ordena modu egokian planifikatu eta esku hartzeko; horrela, entrenamendu-prozesuaren eraginkortasuna maximizatuko dugu (Impellizzeri et al., 2005).

Bestalde, ezarritako kargaren ondorioz, jokalaria baten errendimendua aldi baterako murrizten da nekearen ondorioz, eta horregatik, nekea ebaluatzea ere oso garrantzitsua da (Gabbett, 2016a). Nekea muskulu-jarduerarekin lotutako muskulu-errendimenduaren edozein murrizketa da (Nédélec et al., 2012a). Gainera, egoera fisikoa areagotzeko karga optimoa aurkitzeko ahaleaginean, gero eta joera handiagoa dago jokalariek jasandako estimulu-kargaren eta horrek eragiten duen nekearen arteko harremanak aztertzeko (Thorpe et al., 2016b); hala, futbol-jokalariai partidarako fresko egotea ahalbidetzen da, eta ahal dela, altuegiak edo baxuegiak, jokalaria lesionatzeko arriskuan jartzen duten karga horiek saihestu (Sangnier, Cotte, Brachet, Coquart, & Tourny, 2019).

Horrela, jokalarien lan-karga indibidualiza dezakegu, beharraren arabera karga gutxituz edo handituz. Izan ere, nekearen ondorioz jokalarien errekupeazioaren indize-maila ona ez bada, errendimendua ez da ona izango (Brink et al., 2010). Hortaz, jokalarien ongizatea bermatzeko ezinbestekoa da lan-karga eta horrek eragiten duen nekea ebaluatzea.

2. MARKO TEORIKOA



2. MARKO TEORIKOA

2.1. ENTRENAMENDU-KARGAREN MONITORIZAZIOA FUTBOLEAN

Ukaezina da TLaren monitorizazioa benetan giltzarri bihurtu dela talde teknikoen lanerako, besteak beste, entrenamenduak planifikatzeko eta periodizatzeko, egoera fisikoa optimizatzeko (Graham, Cormack, Parfitt, & Eston, 2018) eta, ahal den neurrian, lesio-arriskua murrizteko (Gabbett, 2016a). Izan ere, entrenamenduaren eta lehiaketaren TLaren monitorizazioari esker, planteatzen ditugun entrenamendu-ariketetan lehiaketaren eskaerak erreplikatzeko ditugun jakitea lortuko genuke (Abbott et al., 2018; Lancome, Simpson, Cholley, Lambert, & Buchheit, 2018).

Horretarako, TLaren kontrol eta manipulazio zehatza behar da. Impellizzeri eta autoreek (2004) esparru teoriko bat proposatu zuten trebakuntza-prozesuaren konstruktuko neurgarriak definitu eta kontzeptualizatzeko. TLak bi osagai neurgarri ditu: kanpokoa eta barnekoa. Jokalarien entrenamendu edota lehiaketa-partidetako kanpo-karga (distantziak, azelerazioak, intentsitate altuko esfortzuak...) kuantifikatzeko gehien erabiltzen den metodoetako bat GPS gailua da (Malone et al., 2018; Oliveira et al., 2019; Tierney et al., 2016). Eta, jokalarien barneko TL kuantifikatzeko, bi metodo dira gehien erabiltzen direnak: BM (Campos-Vázquez et al., 2017; Malone et al., 2015a; Thorpe et al., 2015) eta RPE (Barrett et al., 2018; Fessi & Moalla, 2018; McLaren et al., 2017).

Lerrootan laburbildu ditugu futbolean kanpo- eta barne-karga kuantifikatzeko gehien erabili diren metodo eta aldagaiak. Horrela, zer karga-adierazle dauden, nola erabil ditzakegun eta aldagaiek zer abantaila eta desabantaila dituzten jakingo dugu. Horrenbestez, lehiaketa-prozesua eta entrenamendu-prozesua ongi kontrolatzeko entrenatzaile eta prestatzaile fisikoek zer tresna erabil ditzaketen aipatuko dugu.

2.1.1. KANPO-KARGAREN MONITORIZAZIOA

GPSa bidezko nabigazio-sistema bat da, eta talde-kiroletan mugimendu-ereduak eta lan-kargak aztertzeko gehien erabiltzen den metodoetako bat da (Ehrmann et al., 2016; Malone et al., 2018; Rossi et al., 2019). Azterketa horiek egiteko, kirolariek entrenamenduan edo lehiaketan GPS gailu eramangarriak eraman behar dituzte bizkarrean, motxila edo peto txiki batean sartuta. Futbol-jokalari profesional askok ez dute gustuko GPSa erabiltzea, deserosoak iruditzen zaizkielako (edo

beste edozein arrazoirengatik), eta prestatzaile fisikoek arrazoitu egin behar dute GPS gailuek etorkizunean emaitza hobekak lortzen lagunduko dietela (Bacon & Mauger, 2017; Theodoropoulos, Bettle, & Kosy, 2020). Futbolean, orain dela gutxira arte, GPS gailuak ez zeuden baimenduta partida ofizialetan. 2015. urtean, FIFAk (*Asoziazio Futbolaren Nazioarteko Federazioa edo Federation International Football Association*) memorandum baten bidez legezkoak bihurtu zituen, eta Espainiako Ligan 2015/2016 denboralditik aurrera erabiltzen hasi ziren. Ordura arte, azterketa gehienak entrenamenduetan egin ziren (Casamichana & Castellano, 2010; Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román, & Castagna, 2013b; Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri, & Coutts, 2011; Scott, et al., 2013).

Gaur egun, ordea, ikerlari askok erabili dute GPSa futbolean, partidetakoa eta entrenamenduetako nekea detektatzeko, intentsitate handiko jokaldiak identifikatzeko eta futbol-zelaian jokalariek hartzen duten demarkazio bakoitzaren jarduera-profilak identifikatzeko (Aughey, 2011). Gainera, ikerketa-eremua zabaltzen ari da, eta teknologia hori erabiltzen da talde bereko jokalarien lan-kargak indibidualizatzeko, entrenamendu-lanen eskaerak aztertzeke, plangintza-prozesua optimizatzeko eta gainentrenamenduaren edo desentrenamenduaren sindromea saihesteko (Campos-Vázquez, 2015a; Helsen et al., 2014). Ikerketek erakutsi dute jokalarien entrenamenduetako edota partidetakoa kanpoko karga monitorizatzeko 10Hz-eko GPS gailuak fidagarriak eta baliagarriak direla (Akenhead, French, Thompson, & Hayes, 2014; Castellano, Casamichana, Calleja-González, San-Román, & Ostojic, 2011; Johnston, Watsford, Kelly, Pine, & Spurs, 2013).

2.1.1.1. Aztertu beharreko aldagaien sailkapena

Arlo honetako bibliografia aztertzen dugunean, ikerketen arteko konparazioak egiteko funtsezko bi arazo nagusi izaten ditugu: alde batetik, merkatuan eskuragarri dauden eta azterketetan erabiltzen diren gailu desberdinak (marka, modeloa) eta, bestetik, aztertutako aldagaien arteko desberdintasunak. GPS teknologia erabiltzeak goitik behera aldatu du jokalariek jasaten dituzten kargak eta errendimendua erregistratzeko, ikuskatzeko eta aztertzeke modua. Denboraren poderioz, gailu horietan azelerometroak, giroskopioak, magnetometroak eta abar gehitu dituzte, eta horrek ekarri du gero eta datu gehiago eman ditzaketela, eta baita dimentsio berriak ekarri ere (talkak, estres mekanikoa, azelerazioak, ...). GPSei distantziei, abiadurei, norabide-aldaketei, azelerazioari eta dezelerazioari buruzko datuak biltzen dituzte. Datu horiek funtsezkoak dira gaur egun talde-kirolean, hala nola futbolean. GPSan oinarritutako teknologia eta berariazko analisi-softwarea erabiliz, lau

mailatan sailka daitezkeen aldagaiak hartu ditugu kontuan. Sailkapen horretarako Buchheit eta Simpson (2017) ikerlarien proposamena erabili eta egokitu dugu:

- I. Maila: Abiadura-tarte desberdinetara egindako distantziak.
- II. Maila: Abiadura-aldaketekin —azelerazioak, dezelerazioak, norabide aldaketak— lotutako gertaera guztiak.
- III. Maila: Dimentsio-inertziala, sentsore inertzialetatik/azelerometroetatik eratorritako gertaera guztiak.
- IV. Maila: Dimentsio-metabolikoa, neurri hibridoa da, 1. eta 2. mailako aldagaietan oinarritua.

2.1.1.2. I. Maila: Abiadura-tarte desberdinetara egindako distantziak

Futbol-jokalarien mugimenduak aztertzeko orduan, jokalariek entrenamenduetan zein lehiaketan egiten dituzten distantziak neurtzen dira. Horiek balio absolutuetan edota intentsitate-maila ezberdinetan monitorizatu daitezke. Azterketa gehienek intentsitate-maila horiek abiadura-tarte desberdinetara egokitzen dituzte (Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2009; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007b; Scott et al., 2013).

Hau da, adibidez Casamichana eta lankideek (2012) jokalariek egindako DT bost intentsitatetan banatzen dute: oinez (0-6.9 Km/h), korrika (7.0-12.9 Km/h), intentsitate txikiko lasterketa (13.0-17.9 Km/h), intentsitate handiko lasterketa (18.0-20.9 Km/h) eta esprinta (> 21 Km/h). Horrez gain, beste aldagai batzuk ere hartu dira kontuan, hala nola abiadura-puntak (Owen, Wong, Paul, & Dellal, 2014), lan-atsedenaren ratioa edo *Work-rest ratio* (Casamichana, Castellano, & Castagna, 2012), errepikatutako esprint-sekuentziak (Suarez-Arrones et al., 2015), eta intentsitate handiko sekuentzia errepikatuak (Casamichana et al., 2012).

Aitzitik, aipatu behar da distantzia-eremu bakoitzerako abiadura-mugak zehazterakoan ez dagoela irizpide bateraturik (De Hoyo & Aceña, 2017). Esate baterako, Dellal eta lankideek (2011) esprint bat 17 km/h-tik gorako lasterketa-abiaduratzat kontsideratu zuten eta Casamichana eta lankideek (2013a), berriz, atalase hori 21 km/h baino handiagoa zela definitu zuten. Beste autore batzuek 24 km/h-tik goragoko abiadura (Dellal, Wong, Moalla, & Chamari, 2010) edo 30 km/h-ko

abiadura (Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003) erabili dute. Futbolarien lasterketa-abiaduraren balio maximoak 31-32 km/h ingurukoak dira (Haugen, Tønnessen & Seiler, 2013; Rampinini et al., 2007b).

Autoreen arteko desadostasun nagusia intentsitate-eremuak definitzeko abiadura-atalaseak ezartzea da. Maila honetan, bi aukera ditugu: batetik, balio erlatiboetan oinarritutako atalaseen definizioa eta, bestetik, balio absolutuetan oinarritutako atalaseen definizioa. Kirolari bakoitzak egoera fisiko ezberdina izan dezakeela kontuan hartuta, atalase absolutuen arabera erantzun fisikoak aztertzeak okerreko interpretazioak eragin ditzake. Izan ere, ikuspegi horren muga bat da ez duela kontuan hartzen jokalarien "banakako esprint-gaitasuna". Beraz, azkarrenek lasterketa-abiadura maximoaren ehuneko baina pixka bat txikiagoa izango dute ziurrenik; geldoenek, berriz, lasterketa-abiadura maximoaren ehuneko baina handiagoa. Egoera fisikoan desberdintasunak dituzten bi subjektuentzako kanpo-karga absolutuak barne-karga desberdina eska dezake subjektu bakoitzean. Hortaz, kanpo-karga absolutuak jokariengan entrenamendu-efektu desberdinak eragin ditzake. Horregatik, zenbait autorek atalase indibidualak (Abt & Lovell, 2009; Lovell & Abt, 2013) edo fisiko-fisiologiko indibidualak (lasterketa-abiadura maximoa eta abiadura maximo aerobikoa) proposatzen dituzte jokalarien mugimendu-ereduak aztertzeko (Buchheit, Simpson, & Mendez-Villanueva, 2013).

2.1.1.3. II. Maila: Abiadura-aldaketa (azelerazioa)

Azelerazioa metabolikoki eskaera handia duen jarduera bat da, abiadura konstanteko desplazamenduak baino gastu energetiko eta neke muskular handiagoa sorrarazten duena (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo, & di Prampero, 2010). Talde-kiroletan maiztasun handiarekin gertatzen dira azelerazioak, dezelerazioak eta norabide-aldaketak (Hader, Palazzi, & Buchheit, 2015; Krstrup, Mohr, Ellingsgaard & Bangsbo, 2005; Stølen et al., 2005). Tradizionalki, ikerlariak abiadura desberdinetako maila kualitatiboak erabiliz monitorizatu dituzte esfortzu horiek (Suárez-Arrones et al., 2014), baina aipatzekoa da, halaber, hainbat ikerketak muga nabarmenak erakutsi dituztela iraupen laburreko mugimenduetan intentsitate handiko esfortzuak erregistratzeko, abiadura absolutuaren atalaseak erabiliz (Haugen & Buchheit, 2016).

Futbolaren kasuan, azelerazio maximoen % 85 baino gehiago ez da iristen desplazamendu-abiadura handiko kategorietara ($>4.17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; Varley & Aughey, 2013). Hortaz, ekintza horiek ez dira intentsitate handikotzat hartuko, desplazamendu-abiaduraren analisi tradizionalari jarraitzen badiogu. Futbolean azelerazio maximoak ($>2.78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) esprint-ekintzak baino zortzi aldiz gehiago gertatzen

dira (Varley & Aughey, 2013). Horregatik, beharrezkoa iruditzen zaigu entrenamendu edota futbol-partidetan horrelako esfortzuak sakon aztertzea.

Dimentsio berri horrek garrantzia hartzen du futbolarien eskaeren deskribapenean; izan ere, azelerazio maximoan baina abiadura txikian egindako ekintzak gutxien ari dira, eta, beraz, zenbait autore dagoeneko hasi dira horietan arreta jartzen (Castellano & Casamichana, 2013; Sonderegger, Tschoop, & Taube, 2016; Varley, Aughey, & Pedrana, 2011). Normalean, azelerazio eta dezelerazioak neurtzeko, intentsitate-maila desberdinetan egindako azelerazioen kopurua, distantzia eta iraupenak erregistratzen dira. Intentsitate handiko azelerazio eta dezelerazioetako intentsitate-kategoriak zehazteko, zenbait autorek intentsitate absolutuko atalaseak erabili dituzte. Hala, Bradley eta lankideek (2010) bi azelerazio-atalase definitzen dituzte: a) moderatua, $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ -tik $4.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ -ra, eta b) handia, $4.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ -tik gora. Geroago, Akenhead eta kolaboratzaileek (2013) atalase horiek honela definitu zituzten: a) txikia, $1\text{-}2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, b) ertaina, $2\text{-}3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, eta c) handia, $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Aitzitik, Varley eta Aughey autoreek (2013), $2.78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ balio absolutua erabili zuten. Hala ere, atalase absolutu horiek ez dute kontuan hartzen jokalaria azeleratzen hasten den abiadura. Hori dela eta, kontuan hartu behar da azeleratzeko ahalmena handiagoa dela azelerazioak gelditze-posiziotik edo abiadura txikitik hasten direnean, beste edozein abiaduratatik baino (Sonderegger et al., 2016). Hala, azelerazio absolutuaren atalaseek ekintzak azpi-estimatzera jotzen dute hasierako abiadura handia denean, edo ekintza horiek supra-estimatzera hasierako abiadura txikia denean (Sonderegger et al., 2016). Horregatik, aipatu behar da kirolariaren azelerazio-ahalmen maximoa haren gaitasun fisikoekin lotuta dagoela, eta, beraz, erregistro-sistemek haren fidagarritasuna, baliotasuna eta zehaztasuna hobetu ahala, intentsitate-atalase horiek jokalariaren banakako profilei erantzun beharko dietela.

2.1.1.4. III. Maila: mugimendu inertziala

Kirol-entrenamenduari buruzko azterketek jokalariaren kanpo-karga neurtzeko inertzia-sentsoreak erabili dituzte (Castillo, Weston, McClaren, Cámara, & Yanci, 2017). GPS mikroteknologia-gailuetan txertatutako giroskopio, magnetometro eta azelerometro triaxialei esker, lan-patroiei eta karga fisikoei buruzko informazioa jaso daiteke, hala nola azelerazioak, desazelerazioak, jauziak, norabide-aldaketak edo azelerometrotik eratorritako bestelako neurketak (Wundersitz, Gastin, Robertson, Davey, & Netto, 2015). Sistema horiek talde-kiroletako jardura

fisikoaren eskaerak neurtzeko balioztatuak izan dira (Boyd, Ball, & Aughey, 2011). Gaur egun gehien erabiltzen den karga-aldagaietako bat, azelerometroaren seinaletik abiatuta, jokalariaren karga (PL) da (Barrett et al., 2016; Bradley et al., 2010; Dalen, Jørgen, Gertjan, Havard & Ulrik, 2016; Reche-Soto et al., 2019).

PL terminoa Catapult Sports-ek (kirol-teknologia eskaintzen duen enpresa) proposatu du. Azelerometro triaxialek erregistratzen dituzten azelerazio-datuen arabera kalkula daiteke PL aldagaia. Hau da, azelerometroaren bidez lortzen da haren balioa, GPS gailuetan dagoen azelerometro triaxialaren bidez gorputzeko hiru mugimendu-planoetan (X, Y eta Z planoak) sortutako azelerazioak konbinatuz (Cummins et al., 2013; Waldron, Twist, Highton, Worsfold, & Daniels, 2011). Horretarako, kontuan hartzen da denbora-tarte batean azelerazioak duen aldaketa, eta azkenik, Boyd eta lankideek (2011) planteatzen duten bezala eskala-faktore baten arabera zatitzen da (zati 100). Azelerometro horren emaitza unitate arbitrariotan (UA) adierazten da (Barrett et al., 2016). Lehen aipatutako definizioa Montgomery eta lankideek (2010) aurkeztu dute beren lanean, eta Boyd eta ikerlariak (2011) PL definizioari ekuazio hau erantsi diote:

$$PL = \frac{\sqrt{(a_{y1} - a_{y-1})^2 + (a_{x1} - a_{x-1})^2 + (a_{z1} - a_{z-1})^2}}{100}$$

Ikerketek erakutsi dute PL metodoa fidagarria eta baliagarria dela jokalarien kanpo-karga aztertzeko (Gómez-Carmona, Pino-Ortega, Sánchez-Ureña, Ibáñez, & Rojas-Valverde, 2019; Hollville, Couturier, Guilhem & Rabita, 2016). Futboleko, adibidez, PL aldagaia erabili izan da joko murriztueto eta lagunarteko partideto edo lehiaketeto eskaera profilarekin alderatzeko (Casamichana et al., 2012; Gómez-Carmona, Gamonales, Pino-Ortega, & Ibáñez, 2018). Gainera, ikusi izan da PL aldagaia korrelazioan dagoela kirolariak ematen dituzten puntuaketa subjektiboekin (Casamichana et al., 2013b) eta aldagai fisiologikoekin, hala nola BMarekin eta oxigeno-kontsumo maximoarekin (VO_{2max}) (Barrett et al., 2016).

Bestalde, aipatu behar da PL aldagaia erabiltzeaz gain PL2D (Player Load 2D) aldagaia ere erabili genezakela jokalarien karga monitorizatzeko (Johnston, Gabbett, & Jenkins, 2014; Johnston, Gabbett, Seibold, & Jenkins, 2014). PL2D aurreko eta alboko ardatzen datu-metaketa da. Jokalarien lan-karga neurtzeko metodo honek PL eta DT aldagaien arteko erlazio esponentziala du oinarrian

(Boyd, Ball, & Aughey, 2013; Boyd et al., 2010). Hori dela eta, eskaera fisikoak neurtzeko ahaleginean, PL aldagaiaren ekuaziotik bektore bertikala ken genezake beste hainbat autorek egin duten moduan (Gabbett, 2015; Roe, Till, Beggs, & Jones, 2016).

2.1.1.5. IV. Maila: Dimentsio metabolikoa

Modu berritzailean, datuak minimizatu eta informazioa maximizatzeko ahaleginean, di Prampero eta lankideek (2005) jokalarien jarduera fisikoa kuantifikatzeko potentzia metabolikoa (PM) izeneko beste adierazle bat proposatu zuten. PM jokalariei jarduera fisikoak eragindako kostu energetikoa (KE) estimatzeko ere erabili izan da (Osgnach et al., 2010). PM edozein mugimendutan erabilitako ATPa (adenosina trifosfato) berrosatzeko denbora-unitate bakoitzeko behar den energia-kantitate osoaren neurria da. Lasterketan, baita beste edozein lokomozio-motatan ere, aldiuneko abiaduraren (AA) eta gorputz-masaren eta distantziaren unitateari dagokion KEren biderkadurak unean uneko PMA sortzen du: $PM = AA * KE$.

PMaren ekuazioa Minetti-ren (2002), Osgnach-en (2010) eta Gaudino-ren (2013) lankideen lan zientifikoetan argitaratu zen. PMaren kontzeptuak GPS gailuen bidez neurtzen diren azelerazio- eta dezelerazio-gertaeren energia-eskaerak estimatzen ditu. Abiadura konstanteko esfortzu batean AAren eta KEaren balioak iraunkorrek badira, PMA abiaduraren funtzio lineal gisa handituko da. Baina hori ez da futbolaren kasua; izan ere, abiadura edota azelerazioak aldatzen doaz kirol honen izaera intermitentea dela eta.

Abiadura eta azelerazioa kontuan hartzen dituen metodoa erabilia, Osgnach (2010), Gaudino (2013) eta lankideek erakutsi dute futbol-jokalariek partidetan eta entrenamenduetan intentsitate handiz egiten duten jarduera bi eta hiru aldiz handiagoa dela, hurrenez hurren. Horrek esan nahi du jokalariek egindako distantzia 1.2 eta 1.3 aldiz handiagoa izan daitekeela abiadura soilik hartzen duen metodoaren bidez kalkulaturakoak baino. Horrez gain, aipatzekoa da Reche-Soto eta haren laguntzaileak (2019) PLaren eta PMaren arteko erlazioa deskribatzen saiatu direla futbolaren partida ofizialetan kanpo-kargako aldagai gisa, eta emaitza esanguratsuak lortu dituztela.

PMaren aldagaia kilogramoko wattetan adierazten da (W/kg). Neurri hori unitate arbitrarioetan analizatzen da, eta honela sailkatzen da: potentzia txikia (0tik 10era W/kg), potentzia ertaina (10etik

20ra W/kg), potentzia handia (20tik 35era W/kg), potentzia oso handia (35etik 55era W/kg) eta potentzia maximoa (>55 W/kg) (Osgnach et al., 2010).

2.1.2. BARNE-KARGAREN MONITORIZAZIOA

2.1.2.1. Bihotz-maiztasuna

BM TL kontrolatzeko futbolean gehien erabili den metodoetako bat da (Akubat, Patel, Barnett, & Abt, 2014; Alexiou & Coutts, 2008; Bangsbo, 1994; Dellal et al., 2012a; Eniseler, 2005; Little & Williams, 2007; Stølen et al., 2005), BM monitorizatzeko sistemen bidez lortutako datuek informazio asko ematen baitute. BM denbora-unitate bateko bihotz-taupaden kopurua da. BM handitu edo txikitu egiten da, gorputzaren eskaerei erantzunez oxigenoaren eskaera eta entrega orekatzeko.

Autore batzuen arabera, BMaren monitorizazioa ariketaren intentsitatearen adierazle egokia da intentsitate submaximoetan honek VO_2 -arekin adierazten duen erlazio ia linealagatik (Achten & Jeukendrup, 2003; Impellizzeri et al., 2004). BMaren neurketa O_2 kontsumoaren zeharkako markatzaile gisa erabiltzea tresna baliotsua, erabilerraza eta nahiko merkea bihurtu da (Helsen et al., 2014). Horregatik, BM futbolarien barne-karga aztertzeko metodo fidagarria eta baliagarria dela esan dezakegu (Dellal et al., 2012a; Suarez-Arrones et al., 2015).

BMaren kuantifikazioa pulstometro gailuen bitartez egin daiteke. Pulstometro bidezko TLaren analisia ez da garestia eta denbora aldetik efizientea da. Gainera, aldi berean, kirolari ugari monitorizatzeko aukera eskaintzen du. Pulstometroa hautatu duten azterlan gehienetan, BM bost segundoan behin erregistratzen dutenak erabili dituzte, eta aipatutako gailuen fidagarritasuna aurreko ikerketetan adierazia izan da (Dellal et al., 2012a; Macleod & Sunderland, 2012).

Entrenamendu- zein lehiaketa-kargaren monitorizazioa bihotz-maiztasun maximoaren (BMmax) %en arabera egin daiteke (Wong et al., 2011). BMmax aldagaiak jokalaria jarduera batean lortu duen gailurra zein izan den adierazten du. BMmax neurtzeko korrika egiteko zinta batean proba progresibo maximo bat egin dezakegu (Graff, 2002), baina badira beste zenbait metodo ere (Bruce, Fisher, Cooper, & Grey, 1974; Londoree & Moeschberger, 1982; Tanaka, Monahan, & Seals, 1991). BMmax-aren balio absolutua soilik aprobeitza daiteke jokalaria bera ariketen segida batean konparatzeko, baina haren adierazgarritasuna galtzen du hainbat jokalaria konparatu nahi ditugunean.

BMmax-aren ehunekoa (%) erabiltzean (balio erlatiboa), aldiz, hainbat jokalariren eta ariketaren artean konparazioak egiteko aukera izaten dugu.

Beraz, BM datuen analisisia balio erlatiboen (% BMmax) bitartez egiteak berebiziko garrantzia du, eta bide horretan, Edwards (1993) zientzialariaren proposamena erabil genezake, beste hainbat ikerketatan egin duten bezala (Alexiou & Coutts, 2008; Campos-Vázquez et al., 2015b; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos, Gil-Rey, Izcue, & Yanci, 2013). Edwards-en metodoari esker, jokalariaren barne-karga kuantifika genezake ezarritako BMko bost zonak batuta. Horretarako, lehenik kontuan hartu behar dugu jokalariak zona bakoitzean igarotako denbora (minututan). Metodo horrek gidatzen hartzen du zona horiek zehazteko % BMmax aldagaia:

- (Z1) BMmax % 50-60
- (Z2) BMmax % 60-70
- (Z3) BMmax % 70-80
- (Z4) BMmax % 80-90
- (Z5) BMmax % 90-100

Ondoren, zona bakoitzean pasatako denbora balio jakin batez biderkatu behar da. Zona bakoitzak balio jakin bat du (1etik 5era); zenbat eta handiagoa izan jokalariak egindako esfortzua, orduan eta handiagoa izango da zonetan igarotzen den denbora biderkatzeko erabiliko den zenbakiaren balioa. Karga neurtzeko ezartzen den formula zehatza honako hau da:

- Edwards-en formula = $(Z1*1) + (Z2*2) + (Z3*3) + (Z4*4) + (Z5*5)$

Metodo hori asko erabili da futbolariekin egindako ikerketetan (Borresen & Lambert, 2008; Casamichana et al., 2013b; Campos-Vázquez et al., 2015b). Metodo horren muga nagusizat hartzen dira definitutako eremu arbitrarioak, eta zona horien definizioak ez duela irizpide fisiologiko edo metabolikorik. Hala eta guztiz ere, azpimarratu behar da, kirol-zientzialariek adierazi diguten bezala, metodo honek korrelazio sendoak dituela karga kontrolatzeko beste metodo batzuekin, hala nola sRPEarekin (RPE saioko), DTarekin eta PLarekin (Casamichana et al., 2013b; Los Arcos et al., 2013;

Scott et al., 2013). Edwards-en (1993) metodoaz gain, beste aukera oso praktiko batzuk ere aurki ditzakegu, besteak beste Banister-en (Banister, 1991), Lucia-ren (Lucia, Hoyos, Santalla, Earnest, & Chicharro, 2003) eta Stagno-ren (Stagno, Thatcher, & Van Someren, 2007) metodoak.

Aitzitik, Henderson eta lankideek (2015) proposatu zuten metodoa, hein batean, Edwards-ek (1993) proposaturikoaren eboluzio bat da. Metodo honetan ere, BM entrenamendu-zona bakoitzean igarotako minutuak kontrolatzen dira: lehenengo zona BMmax % 50-80 da, bigarrena BMmax % 80-90, eta azkena, BMmax % >90tik gora emandako minutuak. Baina Edwardsek ez bezala, Henderson eta lankideek ez dute beste azterketarik egiten, minutuak bakarrik kontrolatzen dituzte. Henderson eta lankideen alde, Akenhead eta Nassis (2016) autoreek deskribatu duten moduan, jokalarien lan-karga kuantifikatzeko aldagai erabileenen artean, BMmax % >85 aldagaia aurkitzen da.

Horregatik, jokalarien barne-karga monitorizatzean ez genuke joan beharko BMmax-ren %-tik sortutako entrenamendu-zona desberdinetan pasatuko denboraz haratago, denbora hori soilik analizatuta nahikoa izan liteke eta. Normalean, gauza konplexuek —hau da, formula matematikoez, Stagno, Lucia, Banister, Edwards eta abar—, gauza sinpleek baino meritu gehiago dutela pentsatzeko joera dugu, ahalegin eta lan gehiago eskatzen baitute. Gauza guztietan legez, jokalarien lan-kargen monitorizazioan ere sinpleak izan beharko liratekeen gauzak korapilatze joera dugu entrenatzaileok.

2.1.2.2. RPE (Esfortzuen Pertzepzio Subjektiboa edo Rating of Perceived Exertion)

BMaren analisisian oinarritzen diren metodoek muga garrantzitsu bat dute: intentsitate handiko edota iraupen laburreko ariketak ebaluatzeko eraginkortasun falta (Alexiou & Coutts, 2008; Rebelo et al., 2012). Lan-karga adierazle bakartzat hartutako BMaren metodoak jarduera mota horietan interesgarriak diren beste eskaera batzuk ezkutatu ditzake. Horregatik, barne-karga monitorizatzeko RPE aldagaia arazo horren konponbidea izan daiteke. Barne-kargaren gainerako aldagaiak ez bezala, RPE aldagaia subjektiboa da eta jokalariek entrenamendu- edota lehiaketa-lanetan hautemandako esfortzua monitorizatzeko aukera ematen du. Futbolean gero eta ohikoagoa da metodo honen erabilera (Casamichana & Castellano, 2013b; Fanchini et al., 2014; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos, Yanci, Mendiguchia, & Gorostiaga, 2014c; Manzi, D'Ottavio, Impellizzeri, Chaouachi, Chamari, & Castagna, 2010). RPE galdetegia banakako barne-karga kontrolatzeko tresna ez-fisiologiko erabilgarria da, erraz erabiltzen delako eta klubentzat inolako kosturik ez duelako.

Bestalde, aldagai fisiologiko tradizionalekin alderatuz gero, metodo honetan lorturiko balioak osoagoak dira, kirolarien estres fisiologikoz gain psikologikoa ere baloratzen dutelako (Borg, 1998; Coutts, Reaburn, Piva, Murphy, 2007). Gainera, entrenamendua edota partida amaitu bezain laster, inongo zailtasunik gabe aplikatu dakioke talde handi bati (Los Arcos, 2014a; Uchida et al., 2014). Horretarako, Foster-en sRPE metodoak (Foster et al., 2001) kalkulu erraz baten bitartez entrenamenduaren barne-karga monitorizatzeko aukera eskaintzen du. Eredu hau entrenamenduaren ondoren jokalariai Borg-10 eskalan (Borg, 1985) ematen duen puntuaketan oinarritzen da. RPE balioa entrenamenduaren iraupenagatik (minutuak) biderkatu behar da unitate arbitrarioetan lan-kargaren magnitudea adierazteko. Aplikatzen den formula honako hau da, zehazki:

- $sRPE = \text{Bolumena (min)} * RPE \text{ balioa}$

Gaur egun, RPEaren barruan, bi aldaera erabiltzen dira futboleko TLaren kontrol subjektiborako: arnas aparatuen RPE (sRPEres) eta muskuluen RPE (sRPEmus) (Los Arcos et al., 2014c). Los Arcos eta lankideek (2014c) RPE galdetegia egokitu zuten arnas aparatuan eta hanketan/muskuluan hautemandako esfortzuaren erantzunak erregistratzeko. Horrela, jokalariek entrenamenduan zein lehiaketan hautemandako esfortzua nondik etor daitekeen jakiteko aukera dago. Bi galdera horien erantzunek talde teknikoak karga maneiatzeko erabiltzen dituen tresnen bidez lorturiko informazioa zehatzagoa izaten lagunduko dute.

Ikerketek erakutsi dute sRPE metodoa fidagarria eta baliagarria dela lesio-arriskua murrizteko eta errendimendua optimizatzeko. Adibidez, errugbi jokalariekin egindako azterlan batean ikusi zen lan-karga handiagoak lesio-arrisku handiagoa ekartzen zuela, hau da, lan-karga eta lesio-arriskua estuki lotuta daudela (Gabbett, 2004). RPE galdetegiak korrelazio handiak erakusten ditu BMaren metodoekin, hala nola Banister, Edwards eta laktato kontzentrazioarekin (Alexiou & Coutts, 2008; Coutts et al., 2007). Ildo beretik, RPEaren eta GPSaren bitartez neurturiko kanpo-kargako neurri batzuen (DT, PL eta intentsitate txikiko lasterketa) artean korrelazio altuak ikus daitezke (Casamichana et al., 2013b; Scott et al., 2013).

2.2. NEKEAREN MONITORIZAZIOA FUTBOLEAN

Futboleko entrenamendu-programa arrakastatsu bat ezartzeko, entrenamendu-estimulu egoki bat behar da, jokalariaren gaitasun fisikoei eta errekupeazio-aldi egokiei dagokienez. Horregatik, entrenamendu-lehiaketako asteetan jokalarien nekearen presentzia eta magnitudea monitorizatzea beharrezkoa da lesioak, errendimendu-galerak eta gainentrenamendu-egoera posiblea saihesteko (Twist & Highton, 2013). Nekea kontrolatzeko zenbait metodo (Heisterberg et al., 2013; Meeusen et al., 2013) iradoki dira, baina haien izaera inbaditzailea (odol-markatzaileak) eta/edo zehatza (test maximoak) dela eta, zaila da horiek maiz kontrolatzea taldeko kirol-ingurunean.

Gaur egun, proba-metodo praktikoagoak iradoki eta ikertu dira, hala nola galdetegi subjektiboak eta funtzio neuromuskularreko jauzi-probak (Gathercole, Sporer, & Stellingwerff, 2015; Kenttä & Hassmén, 1998; Thorpe et al., 2015; Twist & Highton, 2013). Gainera, aipatu behar da TLaren neurketek ezin dutela osasun-egoeraren, nekearen edo errendimenduaren alderdi guztien berri eman, eta, beraz, egokia dirudi galdetegi-eskala subjektiboekin konbinatzea, baita errendimendu-proba eraginkor eta ez-inbaditzaileekin ere.

Atal honetan jokalarien nekea eta errekupeazioa monitorizatzeko futbol munduan gehien erabiltzen diren bi metodori buruz hitz egingo dugu: errekupeazioaren indize-maila (TQR) eta kontramugimendudun jauziaren testa (CMJ).

2.2.1. TQR (Errekupeazioaren Indize-Maila edo Total Quality Recovery)

TQR galdetegia (Kenttä & Hassmén, 1998) hautemandako esfortzu-eskalako Borg-en (RPE) 6–20 kalifikazioen antzekoa da. Futbolean TQR galdetegia erabiltzen da, jokalarien errekupeazioa modu subjektiboan eta erraz baloratu daitekeelako (Brink et al., 2010; Fanchini et al., 2015; Kinugasa & Kilding, 2009). Honako galdetegia egunero erabil daiteke, jokalariek eta entrenatzaileek erraz ebaluatzen baitute. Gainera, galdetegi honek jokalariari errekupeazioa bultzatzeko faktore garrantzitsuen berri ematen dio, esate baterako, aldian-aldian jatea eta behar adina edatea ariketa fisikoaren aurretik eta ondoren.

Bestalde, galdetegi honen erabilera oraindik eta gehiago errazteko, Laurent eta lankideek (2011) TQR galdetegia 10 kalifikaziora egokitu zuten. TQR galdetegia erabiltzeko, jokalariei

entrenamendu-saioa edo partida hasi aurretik galdetzen zaie azken entrenamenduaren edo partidaren esfortzutik nola errekuperatu diren. Horretarako, jokalariek galdera honi erantzun behar diote: “nola berreskuratu duzu?”. Erantzunak: 0tik 10era bitarteko eskalan, 0 oso-oso errekuperazio eskasa eta 10 oso-oso errekuperazio ona.

Ikerketek erakutsi dute TQR metodoa fidagarria eta baliagarria dela jokalarien nekea monitorizatzeko eta errendimendua optimizatzeko. Laurent eta lankideek (2011) frogatu zuten TQR galdetegiaren erantzunak hautemangarriak zirela esprinten errendimendu errepikatuen murrizketarekiko, mantentzearekiko eta hobekuntzarekiko ($r = -0,63$). Izan ere, errekuperazio maila ez-eraginkor batek ez du errendimenduari eusteko aukerarik ematen, eta, aldiz, errekuperazio maila eraginkorrek doitze fisiologikoak ahalbidetzen ditu, errendimenduaren hobekuntza sustatzen dutenak. Ildo beretik, Osiecki eta lankideek (2015) egindako ikerketan frogatu zuten TQR galdetegiak korrelazio handiak erakusten dituela CK (kreatina kinasa) mailarekin. Beraz, aurkikuntza horien arabera, TQR galdetegia jokalarien errekuperazio indize-mailaren iragarpen ona da.

2.2.2. CMJ (Kontramugimendudun jauzia edo Countermovement Jump)

CMJ testa beheko gorputz-adarretako indar esplosiboa baloratzeko prestatzaile fisikoek erabili ohi duten testa da (Malone et al., 2015b; McHugh et al., 2018; McLean et al., 2010; Van Winckel, McMillan, Meert, Berckmans, & Helsen, 2014). Indar esplosiboa, futboleant, potentziaren adierazpen maximoa da, eta beharrezkoa da hainbat ekintza egiteko, adibidez, norabide-aldaketak egiteko, azelerazio eta dezelerazioak egiteko, baloiari jotzeko eta jauziak egiteko. Zenbait ikertzailek ikusi dute CMJaren errendimendua nekearen eta superkompentsazioaren markatzaile objektiboa dela (Balsalobre-Fernández, Tejero-González, & del Campo-Vecino, 2014; Gathercole, Sporer, & Stellingwerff., 2015; Jiménez-Reyes & González-Badillo, 2011).

CMJ testa neurketa sinplea, praktikoa, baliagarria eta fidagarria da. CMJ testa martxan jartzea oso erraza da, eta, neke gehigarririk eragiten ez duenez, Twistek eta Hightonek (2013) planteatzen dute erregularki erabiltzea jokalarien neke neuromuskularra baloratzeko. Gaur egun, Van Winckel eta kolaboratzaileak (2014) haratago doaz, eta, haien aburuz, CMJ testa, jokalarien indar esplosiboa eta neke neuromuskularra ebaluatzeko erabilgarri izateaz gain, egunero erabili beharko genukeen proba da.

Horren ondorioz, ez da harrizkoa CMJ testa prestatzaile fisiko askoren funtsezko proba bihurtu izana. CMJ testa entrenamenduren/lehiaketaren aurretik edota ondoren egin daitekeen proba bat da, eta, proba horretan, testean lorturiko altuera neurtzen da. Bukatzeko, ondorioztatzen da Claudino eta kolaboratzaileek (2016) egindako meta-analisan aurkitu dutela jokalarien neke neuromuskularraren monitorizazioan CMJaren BB altueraren neurketa CMJaren altuerarik altuenaren neurketa baino sentikorragoa dela. Horrenbestez, futbol-jokalarien nekea baloratzeko orduan askoz zehatzagoak izango gara, CMJ testaren bitartez lorturiko BB altueraren neurketa kontuan hartzen badugu.

3. HELBURUAK



3. HELBURUAK

Testuinguru honetan, tesi-proiektu honen helburu orokorra da jokalarien errendimendu fisikoa optimizatu ahalko duen eszenatokia egokitzeko entrenamendu-prozesua eta lehiaketa konektatzea, bai saioen eta bai joko-formatuen kanpo- eta barne-karga deskribatuz. Helburu orokor hori gauzatzeko, eta garatu den marko teorikoa oinarritzat hartuz, hiru helburu espezifiko proposatzen dira argitaratutako lan bakoitzari dagozkionak, hurrenez hurren:

3.1. LEHENENGO HELBURU ESPEZIFIKOA

- Metodo objektibo eta subjektiboen bidez nekea neurtuta, jokalarien TLaren barneko eta kanpoko aldagaien arteko erlazioa aztertzea, lehiaketan lorturiko balio absolutu eta erlatiboen bitartez.

3.2. BIGARREN HELBURU ESPEZIFIKOA

- Osagai nagusien azterketaren (PCA) bidez barneko eta kanpoko intentsitate aldagaien arteko erlazioen egitura ikertzea, eta joko murriztuen zereginen artean nola aldatzen diren zehaztea.

3.3. HIRUGARREN HELBURU ESPEZIFIKOA

- Futbolarien demarkazio bakoitzerako (DC atzelaria da, DEL aurrelaria, DL hegaleko atzelaria, MC erdilaria eta ML hegaleko erdilaria) entrenamenduetako zereginetan lorturiko erantzun fisikoak lehiaketaren datu absolutu eta erlatiboekin aztertzea.

4. HIPOTESIAK



4. HIPOTESIAK

4.1. LEHENENGO IKERKETAREN HIPOTESIA

- Lehiaketarekiko entrenamendu-eskaerak balio erlatiboetara normalizatzea estrategia egokia izan daiteke jokalariaren nekea eta errekupeazio maila interpretatzeko, TLaren preskripzioan erabaki egokiak hartzen laguntzeko.

4.2. BIGARREN IKERKETAREN HIPOTESIAK

- PCA analisiaren bidez funtsezko informazioa lortzeko behar den gutxieneko aldagai-kopurua zehaztu daitezkeela hipotetizatzen da, eta hala, TL aztertzeke informazio erredundantea alde batera uztea, eta prestatzaile fisikoen esfortzua aurrezten eta haien analisisien kalitatea handitzen laguntzeko.
- Entrenamendu-arietek antzeko eskaera fisiko-fisiologikorik ez badakarte, entrenatzaileei lagundu ahal izango lieke entrenamendu-saioak diseinatzeke orduan, jokalarientzat pertsonalizaturiko dosi egokiak eskainiz.

4.3. HIRUGARREN IKERKETAREN HIPOTESIA

- Lehiaketari dagokion jarduera-profilak eta jokalariek zelaian duten kokapenak markatu lezakete lehiaketaren behar partikularrei emango zaien erantzunaren gradua entrenamendu saioko eta kokapen bakoitzerako.

5. BALIABIDE METODOLOGIKOAK



5. BALIABIDE METODOLOGIKOAK

Doktorego-tesiaren atal honetan hiru ikerketetan erabilitako metodologiaren laburpena garatzen da. Erabilitako baliabide metodologikoak oso baliagarriak izan dira tesiaren helburuak betetzeko.

5.1. DISEINUA

Doktorego-tesi honetarako hartu eta erabili diren datuak 2015-2016 eta 2016-2017 denboraldiko mikrozikloetako entrenamendu-saioei eta partidei dagozkie. Lehenengo ikerketa, 2015/2016 denboraldiko lehiaketa aldian (martxotik - apirilera) —hau da, 34. mikroziklotik 41. mikroziklora (zortzi aste, baina ikerketaren analisirako sei mikroziklo besterik ez ziren erabili saio guztiak osorik ez zeudelako)— egin zen. Bigarren eta hirugarren ikerketak, ordea, 2016/2017 denboraldiko lehiaketa aldian (otsailetik - apirilera eta urtarriletik - apirilera) —hau da, bigarren ikerketa 30. mikroziklotik 37. mikroziklora (zortzi aste), eta hirugarren ikerketa, 28. mikroziklotik 37. mikroziklora (hamar aste)— egin ziren.

Doktorego-tesia diraun bitartean entrenamendu-saio eta lehiaketa-partida guztiak pulstometro eta GPSen bidez monitorizatu ziren. Lehenengo ikerketan pulstometro eta GPSen bidez lortutako datuak erabili ziren, eta guztira 250 erregistro 20 entrenamendu-saiotan (jokalari bakoitzeko 16.7 ± 3.6) eta 72 erregistro zortzi lehiaketa-partidatan (jokalari bakoitzeko 4.9 ± 2.1) analizatu genituen. Banakako entrenamendu-saio- edo lehiaketa-partida-erregistroak mikroziklotan multzokatu ziren, eta guztira 69 erregistro lortu ziren (jokalari bakoitzeko 4.6 ± 1.3). Lehiaketaren inguruan genituen datu guztiak partida bakar batera (90 minutura) normalizatu genituen, jokalarari bakoitzaren lehiaketako jarduera-profila lortzeko. Horrela, asteko TLaren % metatua lortu genuen. Jarraituz, bigarren ikerketan ere, pulstometro eta GPSen bidez lorturiko datuak ikertu genituen, eta horretarako, entrenamendu-saioetan eginiko zortzi joko formatu (1. taula) ezberdin ikertu genituen. Guztira 698 ariketa-erregistro eskuragarri izan genituen 16 entrenamendu-saiotan (jokalari bakoitzeko 43.6 ± 1.3). Ondoren, hirugarren ikerketan bakarrik GPSen bidez lortutako entrenamendu-saioen eta lehiaketa-partiden datuak erabili ziren. Datu guztiak batuta 467 erregistro (2. taula) 12 entrenamendu-saiotan (jokalari bakoitzeko 29.2 ± 10.7) eta 81 erregistro 10 lehiaketa-partidatan (jokalari bakoitzeko 5.1 ± 3.8) aztertu genituen. Jokalarari bakoitzari —DT eta PL aldagaien— lehiaketa eskariaren BBren balioa kalkulatzeko, partidako balioak 90 minutura normalizatu genituen. Amaitzeko, esan behar da doktorego-tesi honetan aztertutako joko formatu guztiak ikertzaileek ez zituztela proposatu. Izan ere,

joko formatu horiek entrenamendu-prozesuan ohikoak ziren eta jokalaria guztiak formatu ezberdin horietara ohituta zeudela.

1. taula

Lau entrenamendu-zereginen ezaugarrien deskribapena: joko murriztu txikiak (SSG), joko murriztu ertainak (MSG), joko murriztu handiak (LSG) eta entrenamendu-partida (SG).

Formatuak	Taldeko jokalaria kopurua (n)	Erregistroak (n)	Jokalaria bakoitzeko espazio erlatiboa (m ²)	Serieak (n)	Iraupena (min:seg)
SSG	3	25	≈ 84	4	≈ 3:30
	4	216	≈ 132	3	≈ 3:00
MSG	5	238	≈ 105	4	≈ 5:00
	6	28	≈ 130	4	≈ 6:30
LSG	7	26	≈ 247	2	≈ 17:00
	8	60	≈ 272	3	≈ 13:00
	9	44	≈ 235	2	≈ 15:00
SG	10	61	≈ 300	2	≈ 19:00

Oharra: joko murriztu txikia (SSG), joko murriztu ertaina (MSG), joko murriztu handia (LSG) eta entrenamendu-partida (SG).

2. taula

Lau entrenamendu-zereginen ezaugarrien deskribapena

Formatuak	Taldeko jokalaria kopurua (n)	Jokalaria bakoitzeko espazio erlatiboa (m ²)	Serieak (n)	Iraupena (min:seg)	Erregistroak (n)
PE	10	300.0	2	18:42	88
JRL	8	268.8	2	12:48	130
JRM	6	129.8	3	8:36	28
JRP	4	132.7	4	2:48	221

Oharra: joko murriztu txikia (JRP), joko murriztu ertaina (JRM), joko murriztu handia (JRL) eta entrenamendu-partida (PE).

5.2. PARTE-HARTZAILEAK

Doktorego-tesi honetan Beasain Kirol Elkarteko hirugarren mailako 33 gizonzkoen futbol-jokalaria erdiprofesionalek hartu zuten parte. Jokalari horiek Espainiako Ligako hirugarren mailako IV. multzoan jokatzen zuten. Jokalariak astean 3-4 (270-360 min) entrenamendu-saio egin zituzten, eta asteburu bakoitzean partida ofizial bat (90 min) jokatu zuten. Hiru ikerketak parte-hartzaileen eta klubaren onarpen osoaz egin ziren. Jokalari guztiei ahozko zein idatzizko azalpenak eman zitzaizkien, eta garbi azaldu zitzaizkien ikerketaren helburuak eta garapena, baita bertatik eratorri zitezkeen arazo eta onura potentzialak ere. 33 jokalaritik 21ek onarpen-agiri bat sinatu zuten, eta ikerketan parte hartzeko adostasuna adierazi zuten. Hala ere, nahiz eta baimen informatua sinatu, edozein momentutan ikerketa lagatzeko aukera ere bazutela azaldu zitzairen.

Parte-hartzaileen kopurua zehazteko, lehendabizi aipatu, datu-bilketa bi alditan egin zela: 2015-2016 eta 2016-2017 denboraldietan. Hori dela eta, bi denboraldi horietan Beasaingo hirugarren mailako taldean zeuden jokalariek parte hartu zuten ikerketan, denak zelaiko jokalaria. Hamar jokalaria izan ziren bi datu-bilketetan errepikatu zutenak. Lehenengo datu-bilketan, 20 jokalaritik 15ek sinatu zuten beren datuak erabiltzeko baimena: 5 atzelari, 8 erdilari eta 2 aurrelari; adina = 25.2 ± 3.0 urte; altuera = 177.8 ± 5.6 cm; pisua = 76.9 ± 6.5 kg; eta Möhr-en formularen bidez lortutako gorputzeko gantzaren ehunekoa = $11.6 \pm \% 2.7$. Bigarrenean, aldiz, 23 jokalaritik 16k sinatu zuten baimena: 4 atzelari, 2 hegaleko erdilari, 5 erdilari, 3 hegaleko erdilari eta 2 aurrelari; adina = 25.1 ± 3.7 urte; altuera = 178.3 ± 5.0 cm; pisua = 74.6 ± 7.9 kg; eta Möhr-en formularen bidez lortutako gorputzeko gantzaren ehunekoa = $10.8 \pm \% 2.2$.

Prozedura guztiak Helsinkiko Deklarazioak zehaztutako jarraibideei segituz egin ziren, Izaera Pertsonaleko Datuen Babeserako Lege Organikoa errespetatuz. Doktorego-tesi honetako hiru ikerketak Euskal Herriko Unibertsitatearen (UPV/EHU) Etika Batzordearen onespenezkin burutu ziren (*M10/2015/303 kodearekin*).

5.3. ALDAGAIK

Hirugarren taulan, hiru artikuluetan erabilitako aldagaien laburdurak, unitateak eta horiek zein artikulutan azaldu diren ageri da:

3. taula

Doktorego-tesian ikerturiko aldagaien informazioa

BARNEKO KARGA		
<i>Aldagaiaren laburdura</i>	<i>Unitatea</i>	<i>Artikulua</i>
ED	AU	1.
>%90 HRmax	min	1.
%80-90 HRmax	min	1.
%50-80 HRmax	min	1.
EDWmin	AU*min ⁻¹	2.
T > %80 HRmin	min*min ⁻¹	2.
KANPOKO KARGA		
<i>Aldagaiaren laburdura</i>	<i>Unitatea</i>	<i>Artikulua</i>
TD	m	1.
TD80	m	1.
PL2D	AU	1.
TDD < - 2	m	1.
TDA > 2	m	1.
Vmax	km*h ⁻¹	2.
D <%60min	m*min ⁻¹	2.
D >%60min	m*min ⁻¹	2.
D >%80min	m*min ⁻¹	2.
DTmin	m*min ⁻¹	2.
PLmin	AU*min ⁻¹	2.
Dacc > 2min	m*min ⁻¹	2.
Ddec < -2min	m*min ⁻¹	2.
DTmin	m*min ⁻¹	3.
%DT	m*min ⁻¹	3.
PLmin	AU*min ⁻¹	3.
%PL	AU*min ⁻¹	3.

NEKE NEUROMUSKULARRA

<i>Aldagaiaren laburdura</i>	<i>Unitatea</i>	<i>Artikulua</i>
CMJmax	cm	1.
CMJpost	cm	1.
CMJpre	cm	1.
FATabs	%	1.
FATrel	%	1.

ESFORTZUAREN PERTZEPZIO SUBJEKTIBOA

<i>Aldagaiaren laburdura</i>	<i>Unitatea</i>	<i>Artikulua</i>
RPEres	AU	1.
RPEmus	AU	1.
sRPEres	AU	1.
sRPEmus	AU	1.

ERREKUPERAZIOA INDIZE-MAILA

<i>Aldagaiaren laburdura</i>	<i>Unitatea</i>	<i>Artikulua</i>
TQRpost	AU	1.
TQRpre	AU	1.
TQRcomp	AU	1.

Aldagaiak baloratzeko erabilitako moduak hiru izan ziren. Lehenengo ikerketan, lehenengo modua erabili genuen, hau da, kargaren eta nekearen arteko korrelazioak aztertzeko, bai astean metatutako balio absolutuak bai banakako lehiaketaren jarduera-profilera normalizatutako balio erlatiboak erabili genituen. Balio absolutua jokalaria batek egindako distantzia (12.000 metro) da, eta balio erlatiboa, behin lehiaketaren jarduera-profila lortuta asteko TLaren % metatua da. Adibidez, jokalaria batek partida batean 10.000 metro egiten baditu, eta asteko TLAN metatutako balioa 12.000 metro balira, balio erlatiboa %120 dela esango genuke.

Bigarren moduan —hau da, iraupenaren balio erlatiboa— aldagaiak erlatibizatuak eta praktika-minututan adieraziak izan ziren. Iraupenaren balio erlatiboa jokalaria batek entrenamenduko ariketa-denboraren minutu bakoitzeko egindako DT ($m \cdot \text{min}^{-1}$) horren BB da. Modu praktikoan, jokalaria

batek lau minutuko iraupena duen entrenamendu-ariketa batean 400 metro egiten baditu, jokalaria horren iraupenaren balio erlatiboa $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ izango zatekeen. Orain berri azalduriko modu hori bigarren artikuluan ikerturiko aldagai guztiakin, V_{\max} aldagaiarekin izan ezik, erabili genuen, eta baita hirugarren ikerketako aldagaiekin ere.

Azkenik, lehiaketarekiko iraupenaren balio erlatiboa modua azaltzea falta da. Modu honetan jokalarien iraupenaren balio erlatiboa banakako lehiaketaren jarduera-profilera normalizatuta ikertzen da, lehenengo eta bigarren moduaren arteko konbinaketatik sortzen den terminoa da. Adibide gisa, jokalaria batek lehiaketa baten BBan minutuko 100 metroko distantzia egiten badu, jokalaria horren lehiaketeren jarduera-profilaren balio erlatiboa $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ izango zen, eta analizaturiko entrenamendu-ariketetan eginiko distantzia $120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ balitz, jokalaria honen lehiaketarekiko iraupenaren balio erlatiboa %120 litzateke. Honako hirugarren modua doktorego tesia osatzen duen azkeneko ikerketan erabili genuen.

5.4. PROZEDURA

5.4.1. PULTSOMETRO ETA GPS GAILUAK

Datu-bilketan lorturiko erregistro guztiak pultsometro eta GPS gailuen bidez monitorizatu ziren. Jokalaria guztiak zuten pultsometro eta GPS gailuen berri. Ikerketa hasi aurretik, jokalariek bi proba egin zituzten: batetik, erresistentzia progresibo maximoko proba bat egin zuten korrika egiteko zinta batean (laborategian), jokalaria bakoitzaren BM_{\max} kalkulatzeko (Graff, 2002), eta bestetik, 40 metroko abiadura-proba bat entrenamendu-eremuan, GPS gailuak jantzita zituztela, jokalaria bakoitzaren abiadura maximoa (V_{\max}) neurtzeko (Roe et al., 2017).

Barneko karga BM sentsoreen bitartez erregistratu zen (Dellal et al., 2012a; Macleod & Sunderland, 2012), bost segundoan irismen laburreko telemetria-sistema baten bidez (Polar Team Sport System, Polar Electro Oy, Finlandia). Kanpoko karga 10 Hz-eko frekuentzian funtzionatzen duten eta 100 Hz-eko azelerometro triaxiala duten GPS S4 gailuak erabiliz monitorizatu zen (Minimax v.4.0, Catapult Innovations, Victoria, Australia). GPS gailua jokalaria bakoitzaren goiko aldera doitu zen, arnes berezi bat erabiliz. GPS gailuak entrenamendu edo partida bakoitza hasi baino 15 minutu lehenago aktibatu ziren, fabrikatzailearen jarraibideei jarraituz.

Pultsometro eta GPS gailuek erregistratutako datuak ordenagailu batera deskargatu ziren, Sprint v5.1.4 softwarearekin aztertzeko (Catapult Innovations, Victoria, Australia, 2010). Doktorego-tesi honetarako erabili diren gailuen fidagarritasuna eta baliozkotasuna aurreko lanetan adierazi ziren (Castellano et al., 2011; Gale-Ansodi, Langarika-Rocafort, Usabiaga, & Castellano, 2016; Johnston et al., 2013). Datuak biltzean izandako satelite-kopuruaren BB eta desbideratze estandarra (\pm SD) 12.5ekoa (\pm 0.6) izan zen.

5.4.2. NEKE NEUROMUSKULARRA

Neke neuromuskularra ebaluatzeko, aurreko lanetan bezala (McLean et al., 2010), proba bat egin zen (kontramugimendudun jauzia, CMJ), aurrez balioztatutako My Jump v.1 aplikazioa erabiliz (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockett, 2015).

Kontramugimendudun jauziaren testa egiteko, subjektuak zutik egongo dira. Oinak gutxi gorabehera aldaken zabaleraren parean jarri behar dira, ahaztu gabe oin-zolak lurrarekin kontaktuan daudela. Gorputz-enborra tente mantenduko da, eta eskuak gerrian bermatuta proba amaitu arte. Hasierako posizioari bi-hiru segundoz eutsi eta gero, subjektuak makurtzen hasiko dira, belauen flexio-angeluarekin 90 eta 120 graduren artean, eta jarraian, gelditu gabe, belauak luzatuko dituzte ahalik eta jauzi bertikal altuena egiteko. Jauziaren lurreratzean belauak ahalik eta luzatuen mantendu behar dira, eta oin-zolak tolestuta. Jarraitu den protokoloa Malone eta lankideek (2015b) deskribaturikoaren antzekoa da. Proba egin baino lehen, jokalariek beroketa bat egiten zuten: intentsitate baxuko 5 minutuko lasterketa jarraitua, ariketa dinamikoak, eta 20 metroko bi progresio, eta, ondoren, jauziaren hiru errepikapen.

Neurketa hauetatik bi aldagai atera ziren: jauzirik altuena (zentimetro, cm) eta hiru jauzien BB (cm). Aurrerantzean, jauzirik altuenari hoberena deituko zaio. Jokalari bakoitzaren CMJ maximoa (CMJmax) kalkulatzeko, esku-hartze osoan egindako 14 probetan lortutako jauzirik onena erabili zen. CMJ testa asteko lehen entrenamendu-egunean (partidatik gutxienez 48 ordura, CMJpost) zein azkenekoan (hurrengo partida baino 24 ordu lehenago, CMJpre) erregistratu zen. Proba beti gimnasioan egin zen; jokalariai aldezturik proba ezagutzen zuten eta probaren prozedurarekin ohituta zeuden. CMJ proba bakoitzaren aldakuntza-koefizientea (CV) % 0.0tik % 7.7ra bitartekoa izan zen.

5.4.3. ESFORTZUAREN PERTZEPZIO SUBJEKTIBOA

Esfortzuaren balorazio subjektiboa analizatzeko, kirolariei eskatu zitzaien, entrenamendua edota partida amaitu ondoren eta aurretik azalduko RPE eskalaren bidez, hautemandako esfortzuaren neke-maila adierazteko. Erabilitako RPE galdetegiak Borg-en eskalaren gaztelaniazko itzulpena izan zen, 0-10 puntukoa, Foster-ek aldatua (Foster et al., 2001) eta Los Arcos eta lankideek (2014c) egokitua, arnas aparatuan eta hanketan/muskuluan hautemandako esfortzuaren erantzunak erregistratu ahal izateko. Jokalariak, zalantzarik izanez gero, + bat jar zezaketen unitate-erantzunaren ondoan (adibidez, 5+; horrek 5.5 esan nahi du). Entrenamendu-saioa edo partida amaitu eta 10 minutura egin zen ebaluazioa (Ngo et al., 2011). Ondoren, eskala bakoitzean lortutako balioa saioaren edo partidaren iraupenarekin biderkatu zen (beroketa eta atsedenaldirik barne, baina luzaketak kanpo utzita), aldagai hauek lortzeko (sRPEres eta sRPEmus).

5.4.4. NEKE SUBJEKTIBOA

Errekuperazioaren indize-maila (TQR) galdetegiaren eskala (Kenttä & Hassmén, 1998) neurri subjektibo gisa erabili zen jokalariek jasandako nekea ebaluatzeko. Entrenamendu zein partidaren aurreko beroketa-ariketak egin baino 10 minutu lehenago TQR galdetegiak pasatzen zitzaien. Horretarako, jokalariek galdera honi erantzun behar zioten: “nola berreskuratu duzu?”. Erantzunak: 0tik 10era bitarteko eskalan, 0 oso-oso erredukzio eskasa eta 10 oso-oso erredukzio ona.

5.4.5. MATERIALAK ETA PROTOKOLOAK

Hiru ikerketen datu-bilketak egiteko erabili ziren materialen eta protokoloen informazioa modu laburrean beheko taulan azaltzen da deskribatuta:

4. taula

Datu-bilketarako erabilitako testen protokoloen eta materialen deskribapena

BIHOTZ-MAIZTASUN MAXIMOAREN TESTA		
Testa	Protokoloa	Materiala
BMmax	Graff, 2002	<ul style="list-style-type: none"> - Korrika egiteko zinta, EG2 ERGelek - BM sentsoreak, Polar Team Sport System, Polar Electro Oy, Finland
ABIADURA MAXIMOAREN TESTA		
Testa	Protokoloa	Materiala
Vmax	Roe et al., 2017	<ul style="list-style-type: none"> - Minimax v.4.0, Catapult Innovations Victoria, Australia
KONTRAMUGIMENDUDUN JAUZIAREN TESTA		
Testa	Protokoloa	Materiala
CMJ	Malone et al., 2015b	<ul style="list-style-type: none"> - Iphone 6S - My Jump v.1 app
ESFORTZUAREN PERTZEPZIO SUBJEKTIBOAREN ESKALA		
Galdetegia	Protokoloa	Materiala
RPE	Los Arcos et al., 2014c	<ul style="list-style-type: none"> - Orri bat - Boligrafo bat
ERREKUPERAZIOAREN INDIZE-MAILAREN ESKALA		
Galdetegia	Protokoloa	Materiala
TQR	Kenttä eta Hassmén, 1998	<ul style="list-style-type: none"> - Orri bat - Boligrafo bat

5.5. ANALISI ESTADÍSTIKOA

Lehenengo ikerketan, aldagai fisikoen, fisiologikoen eta esfortzu-pertzepzioaren aldagaien balio erlatiboetatik abiatuta, korrelaziozko teknika analitikoak ezarri ziren eredu orokorraren linearen barruan. Emaitzak BB eta \pm SD gisa adierazi ziren. Pearson-en korrelazio-koefizientea (eta dagozkion % 95eko konfiantza-tarteak, % 95eko KT) aztertutako aldagaien artean erlaziorik badagoen eta horren erlazioa esanguratsua den zehazteko kalkulatu zen. Emaitzak interpretatzeko Salaj eta Markovic-ek (2011) Pearson-en korrelazio-koefizienterako proposaturiko atalase-balioak erabili ziren: txikia ($r \leq 0.3$), moderatua ($0.3 < r \leq 0.7$) eta altua ($r > 0.7$). Analisi estatistikoa SPSS v.23 pakete estatistikoarekin egin zen (IBM corp., Chicago, IL, U.S.A.). Adierazgarritasuna 0.05ean ($p < 0.05$) finkatuko da.

Bigarren ikerketan, entrenamendu-jokoen datu estatistiko deskribatzaileak BBren eta \pm SDren bidez aurkeztu ziren. Gainera, magnitudean oinarritutako inferentziak erabili ziren datuak aztertzeko, Batterham eta Hopkins-en gomendioak kontuan hartuta (Batterham & Hopkins, 2006). SSG, MSG, LSG eta SG formatuen arteko aldeak BB diferentzia estandarizatuak erabiliz ebaluatu ziren (Cohen-en d eta konfiantza-mugen % 90). Efektu estandarizatuaren (ES) tamainarako interpretazio-atalaseak hauek izan ziren (Batterham & Hopkins, 2006): < 0.2 (Tribiala), 0.2-0.6 (txikia), 0.6-1.2 (ertaina), 1.2-2.0 (luzea) eta > 2.0 (oso luzea).

Osagai nagusien analisisia (PCA) aztertu aurretik, Pearson-en korrelazio-matrizea egin zen, entrenamenduko kanpo- eta barne-intentsitateko hamar aldagairekin eta datuak faktorizatze gaitasunaren ikuskapen bisuala erabiliz (Tabachnick & Fidell, 2007). Metodo horren helburua datuen osagai edota aldagai garrantzitsuenak identifikatzea da, informazioa murriztu gabe. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) metodoa kanpo-kargako hamar aldagaiak PCArako egokiak ote ziren egiaztatze erabili zen, hau da, 0.5 (Kaiser, 1960). Lau joko-formatuetako KMOren balioak 0.54, 0.516, 0.514 eta 0.522 izan ziren, hurrenez hurren, SSG, MSG, LSG eta SGrentzat, eta horrek erakusten du datu multzoa egokia dela PCarentzat.

Bartletten esferikotasun-proba esanguratsua izan zen entrenamenduko joko-formatu bakoitzerako adierazgarria ($p < 0.001$). Ardatz nagusiaren metodoa osagaiak ateratzeko erabili zen. Bat baino balio propio txikiagoak zituzten osagaiak ez ziren berriro erauzi (Kaiser, 1960). Oso korrelazionatuta ez zeuden osagaiak identifikatzeko PCA metodoa VariMax errotazioarekin aplikatu

zen. Aipaturiko errotazio hori 9×1 osagaien kargak errazago interpretatzeko helburuarekin egin zen. PCAREN kalkuluan parte hartu zuten etapak aurretik erabilitakoen berdina izan ziren (Weaving, Marshall, Earle, Nevill, & Abt, 2014). Lorturiko osagai nagusi bakoitzerako Weaving eta lankideen (2014) metodoei jarraituz, osagai nagusia 0.7 baino handiagoa zuten jatorrizko aldagaiak baino ez ziren kontuan hartu interpretaziorako.

Azkenik, joko-formatu bakoitzerako kanpo- eta barne-kargako aldagaien arteko korrelazioa neurtu zen. Hopkins-i jarraituz, korrelazio kualitatiboko deskribatzaile hauek erabili ziren: tribiala (0-0.09), txikia (0.1-0.29), ertaina (0.3-0.49), handia (0.5-0.69), oso handia (0.7-0.89), ia perfektua (0.9-0.99), eta perfektua (1) (Hopkins, 2000). Ikerketaren analisia egiteko gizarte-zientziaren pakete estatistikoa erabili zen (SPSS, 24.0 bertsioa Windowsentzat; SPSS Inc, Chicago, IL) eta JASP 0.7.5 bertsioa (Love et al., 2015).

Hirugarren ikerketan, lehenik, joko murriztuen (SSG, MSG eta LSG) eta entrenamendu-partiden (SG) analisi deskribatzailea egin zen, BB eta \pm SD erabiliz. Ondoren, magnitudean oinarritutako inferentziak erabili ziren datuak aztertzeko, Batterham eta Hopkins-ek (2006) aholkatu bezala. JR eta PE formatuen arteko aldeak demarkazio bakoitzerako BB diferentzia estandarizatuak erabiliz ebaluatu ziren (Cohen-en d eta konfiantza-mugen % 90). Efektu estandarizatuaren (ES) tamainarako interpretazio-atalaseak hauek izan ziren (Batterham & Hopkins, 2006): < 0.2 (tribiala), 0.2-0.6 (txikia), 0.6-1.2 (ertaina), 1.2-2.0 (luzea) eta > 2.0 (oso luzea). Erabili ziren informatika-programak hauek izan ziren: Windows-erako SPSS v.24.0 pakete estatistikoa (SPSS Inc, Chicago, IL) eta Microsoft Excel analisiak egiteko.

6. EMAITZAK



6. EMAITZAK

6.1. LEHENENGO IKERKETA

Bosgarren taulan, jokalariek jokaturiko partidetak aldagai bakoitzaren balioen BB eta \pm SDen datuak azaltzen dira, eta baita mikrozikloetan metaturiko kargaren balioak ere. Bestalde, aipatu behar da astean zehar jasandako TLaren balioak lehiaketaren behar partikularrei normalizatuak daudela. Ikus daitekeenez, aztertutako aldagai guztietan, TD80 izan ezik, pilatutako asteko karga lehiaketaren BB karga baino handiagoa izan zen (% 100eko balioak esan nahi du lehiaketaren eskaerak errepikatu egiten direla aldagai horretarako).

5. taula

Lehiaketaren behar partikularrei normalizaturiko entrenamendu-kargen BB eta \pm SD

Aldagaiak (unitatea)	Lehiaketaren karga (unitatea)		Entrenamenduaren karga (%)	
	BB	\pm SD	BB	\pm SD
TD (m)	9061.5	935.5	151.4%	40.4%
TD80 (m)	99.9	66.7	48.7%	39.6%
PL2D (AU)	534.7	83.2	177.7%	45.6%
TDD<-2 (m)	220.3	49.5	145.5%	43.8%
TDA>2 (m)	303.6	66.1	157.7%	42.3%
ED (AU)	345.4	31.5	144.5%	46.3%
>%90 HRmax (min)	17.7	13.3	112.2%	122.6%
%80-90 HRmax (min)	39.6	8.8	102.6%	38.6%
%50-80 HRmax (min)	25.4	13.9	693.8%	478.0%
RPEres (AU)	6.5	1.2	177.9%	56.4%
RPEmus (AU)	6.8	1.3	167.2%	46.4%
sRPEres (AU)	581.9	103.9	165.1%	59.6%
sRPEmus (AU)	611.3	114.7	158.3%	48.3%

Oharra: TD distantzia totala da; PL2D, jokalariaen karga bi dimentsiotan neurtua; TD80, abiadura maximoaren (V_{max}) % 80tik gora egindako TD; $TDD < -2$, TDan egindako -2 m/seg^2 beherako dezelerazioa; $TDA > 2$, TDan egindako 2 m/seg^2 gorako azelerazioa; ED, Edwards; $> \% 90HR_{max}$, bihotz-maiztasun maximoaren % 90 baino gorago igarotako denbora; $\% 80-90HR_{max}$, bihotz-maiztasun maximoaren % 80-90 bitartean igarotako denbora da; $\% 50-80HR_{max}$, bihotz-maiztasun maximoaren % 50-80 bitartean igarotako denbora; RPEres, arnas aparatuan hautemandako esfortzuaren erantzuna; RPEmus, muskuluan hautemandako esfortzuaren erantzuna; sRPEres, saioaren iraupena eta arnas aparatuan hautemandako esfortzua erantzunaren arteko biderketan lorturiko balioa; eta sRPEmus saioaren iraupenaren eta muskuluan hautemandako esfortzua erantzunaren arteko biderketan lorturiko balioa da.

Seigarren taula honetan, CMJ proba-testaren eta TQR galdetegiaren datuak azaltzen dira. CMJ testaren bitartez beste bi aldagai lortzen ditugu: bata neke muskular absolutua (FATabs) eta bestea neke muskular erlatiboa (FATrel). TQR galdetegiari dagokionez, lehiaketa aurreko erantzunetan jokalariek balio altuagoak eman dituzte astean zehar emandakoetan baino.

6. taula

Nekearen aldagai objektibo eta subjektiboen datuen BB eta $\pm SD$

	CMJpost (cm)	CMJpre (cm)	CMJmax (cm)	FATabs (%)	FATrel (%)	TQRpost (AU)	TQRpre (AU)	TQRcomp (AU)
BB	34.8	34.7	37.4	0.93	0.99	7.34	7.44	7.91
$\pm SD$	3.6	3.6	3.4	0.04	0.05	1.80	1.26	1.25

Oharra: CMJpost lehiaketaren ostean asteko lehenengo entrenamenduan egindako kontramugimendudun jauzien testa da; CMJpre, lehiaketaren aurretik egindako kontramugimendudun jauzien testa; CMJmax, kontramugimendudun jauzien testean jauzi maximoaren balioa; FATabs, neke objektiboa termino absolutuetan; FATrel, neke objektiboa termino erlatiboetan; TQRpost, asteko lehenengo entrenamenduan erantzundako galdetegiaren aldagaia; TQRpre, lehiaketaren aurreko asteko azkeneko entrenamenduan erantzundako galdetegiaren aldagaia; eta TQRcomp lehiaketan erantzundako galdetegiaren aldagaia da.

Zazpigarren taulan, neke objektiboaren eta subjektiboaren eta 13 aldagaien arteko korrelazioak azaltzen dira. Neke objektiboak (FATabs eta FATrel) barne- eta kanpo-kargen aldagai gutxi batzuekin bakarrik korrelazionatu ziren, balio absolutu eta erlatiboetan ebaluatu zirenean. Ikerketan neurturiko FATabs eta $TDA > 2$ aldagaien artean korrelazioa moderatua dela ikus daiteke, eta FATabs-ekin nabarmen korrelazionatuta dauden gainerako aldagaiek korrelazio baxuak dituzte. Bestalde, balio erlatiboek korrelazio altuagoak erakusten dituzte lehiaketaren eskaerekin, balio absolutuek baino. Azkenik, neke subjektiboak (TQRpre eta TQRcomp) korrelazio moderatuak aurkezten ditu BMaren hiru aldagaiekin.

7. taula

Nekearen aldagai objektibo eta subjektiboen eta karga-aldagaien arteko korrelazioak

ALDAGAIK	FATabs		FATrel		TQRpre		TQRcomp	
	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs
TD	-.279*	-.234	-.233	-.186	-.046	-.079	-.190	-.199
PL2D	-.272*	-.153	-.192	-.095	.000	.233	-.144	.015
TD80	-.178	-.221	-.161	-.277*	-.034	.016	.095	.055
TDD<-2	-.294*	-.278*	-.251	-.241	-.029	-.089	-.135	-.234
TDA>2	-.309*	-.283*	-.227	-.234	-.036	-.154	-.134	-.250
ED	-.170	-.138	-.123	-.129	.195	.215	.075	.109
>%90 HRmax	.074	.042	.079	-.067	.233	.436**	.193	.288*
%80-90 HRmax	.031	-.072	.007	-.033	.350**	.081	.337*	.164
%50-80 HRmax	.061	-.302*	-.090	-.219	.114	-.186	.146	-.268*
RPEres	-.039	-.085	-.045	.096	.022	-.039	.051	.101
RPEmus	-.186	-.176	-.086	-.057	-.021	-.164	-.052	-.163
sRPEres	-.166	-.214	-.141	-.012	-.037	-.096	-.032	.021
sRPEmus	-.287*	-.283*	-.174	-.146	-.086	-.215	-.120	-.226

Oharra: TD distantzia totala da; PL2D, jokalariaen karga bi dimentsiotan neurtua; TD80, abiadura maximoaren (Vmax) % 80tik gora egindako TD; TDD<-2, TDan egindako -2 m/seg⁻² beherako dezelerazioa; TDA>2, TDan egindako 2 m/seg⁻² gorako azelerazioa; ED Edwards da; >%90 HRmax, bihotz-maiztasun maximoaren % 90 baino gorago igarotako denbora; %80-90 HRmax, bihotz-maiztasun maximoaren % 80-90 bitartean igarotako denbora; %50-80 HRmax, bihotz-maiztasun maximoaren % 50-80 bitartean igarotako denbora; RPEres, arnas aparatuan hautemandako esfortzuaren erantzuna; RPEmus, muskuluan hautemandako esfortzuaren erantzuna; sRPEres, saioaren iraupenaren eta arnas aparatuan hautemandako esfortzuaren erantzunaren arteko biderketan lorturiko balioa; eta sRPEmus saioaren iraupenaren eta muskuluan hautemandako esfortzuaren erantzunaren arteko biderketan lorturiko balioa da.

6.2. BIGARREN IKERKETA

Zortzigarren taula honek, zortzi joko-formaturen bidez neurtuta, aldagai fisiko-fisiologikoen BB eta \pm SDk erakusten ditu. Joko-formatuen artean alde handiak egon dira, zehazki: joko-formatu handienek abiadura eskaera handiagoak zituzten (maximoa eta BB); formatu txikiagoek, berriz, azelerazio eta desazelerazio gehiago eskatzen zituzten. BMaren aldagaietatik eratorritako eskakizunak handiagoak izan ziren joko murriztu txiki (SSG) eta ertaintan, joko murriztu handi (LSG) eta entrenamendu-partidekin (SG) alderatuta.

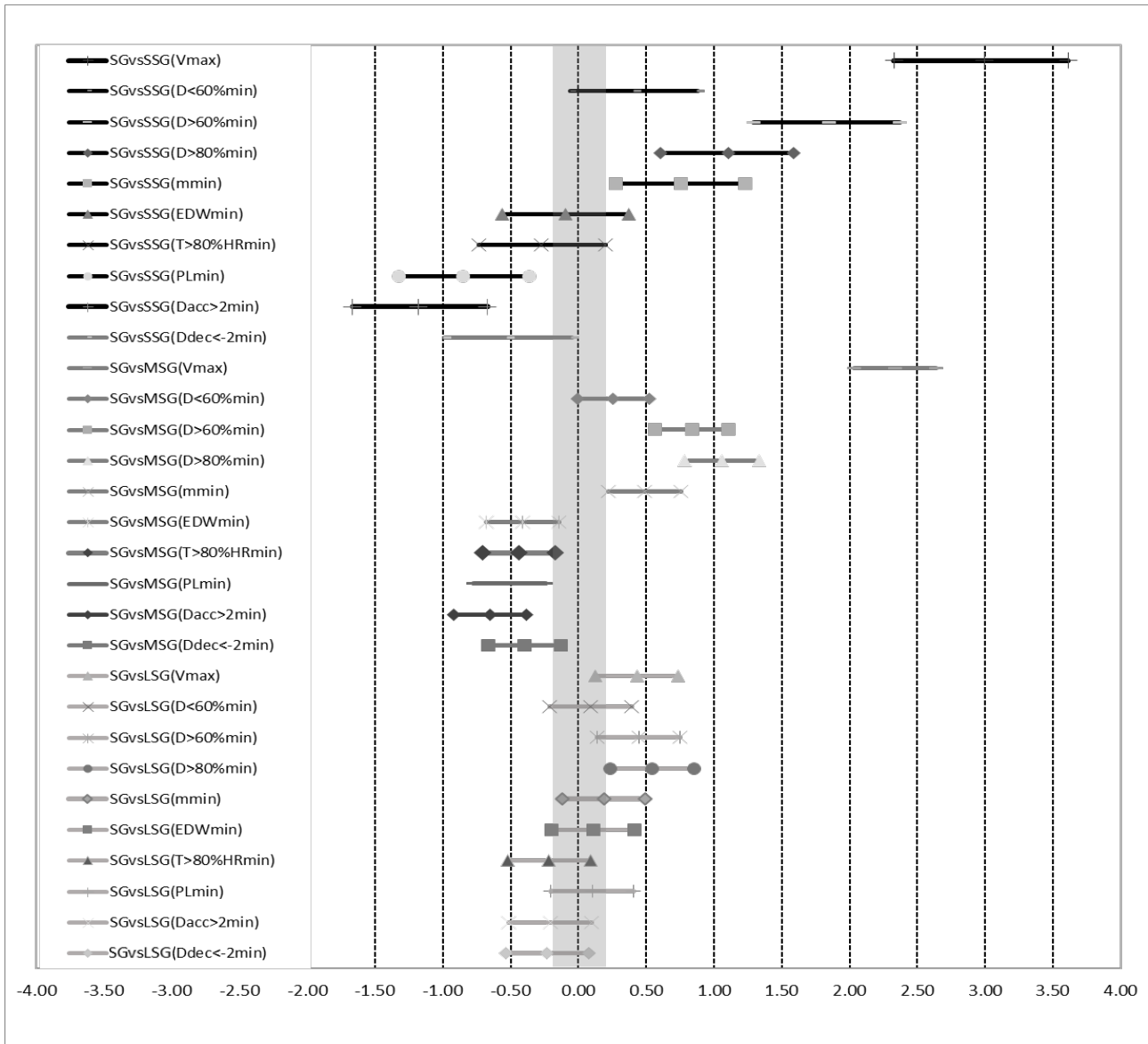
8. taula

Zortzi joko-formaturen TLaren barneko eta kanpoko aldagaien datuen batez bestekoa eta desbideratze estandarrak

Karga neurriak	Aldagaiak (unitateak)	SSG	MSG	LSG	SG
KANPO (eTL)	V_{\max} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	17.9 ± 2.8	18.9 ± 2.7	24.0 ± 2.7	25.1 ± 2.2
	$D < \%60\text{min}$ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	94.2 ± 16.9	96.6 ± 14.4	99.0 ± 14.8	100.3 ± 13.8
	$D > \%60\text{min}$ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	1.6 ± 2.5	3.2 ± 3.7	5.0 ± 2.8	6.2 ± 2.5
	$D > \%80\text{min}$ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	0.0 ± 0.0	0.1 ± 1.0	0.6 ± 1.0	1.2 ± 1.3
	DTmin ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	95.8 ± 18.0	100.1 ± 15.5	104.7 ± 16.0	107.6 ± 14.4
	PLmin ($\text{AU}\cdot\text{min}^{-1}$)	11.9 ± 2.9	11.2 ± 2.4	9.8 ± 2.0	10.0 ± 1.9
	Dacc>2min ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	4.6 ± 1.3	4.4 ± 1.6	3.6 ± 1.0	3.4 ± 0.9
	Ddec<-2min ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	3.1 ± 1.3	3.1 ± 1.3	2.8 ± 0.9	2.6 ± 0.8
BARNE (iTL)	EDWmin ($\text{AU}\cdot\text{min}^{-1}$)	3.3 ± 1.5	3.6 ± 1.0	3.1 ± 1.0	3.2 ± 0.7
	$T > \%80\text{HRmin}$ ($\text{min}\cdot\text{min}^{-1}$)	0.3 ± 0.4	0.7 ± 1.2	0.3 ± 0.5	0.2 ± 0.4

Oharra: SSG3vs3 (hiru jokalaritako talde bakoitzeko) da; MSG4vs4, 5vs5, and 6vs6 joko-formatuak dira; LSG7vs7, 8vs8, eta 9vs9 joko-formatuak eta SG entrenamenduetan egiten diren partidak (10 vs 10) dira. V_{\max} abiadura maximoa da; DTmin, distantzia totala; $D < \%60\text{min}$, abiadura maximoaren % 60tik behera egindako DT da; $D > \%60\text{min}$, abiadura maximoaren % 60-80 tartean egindako DT; $D > \%80\text{min}$, abiadura maximoaren % 80tik gora egindako DT; Mmin, minutuko egindako distantzia da; EDWmin Edwards, unitate arbitrarioa minutuko; $T > \%80\text{HRmin}$, bihotz-maiztasun maximoaren % 80 baino gorago igarotako denbora; PLmin, jokalaritako karga minutuko; Dacc>2min, distantzia totalan egindako 2 m/seg⁻² gorako azelerazioa; eta Ddec<-2min distantzia totalan egindako -2 m/seg⁻² beherako dezelerazioa da.

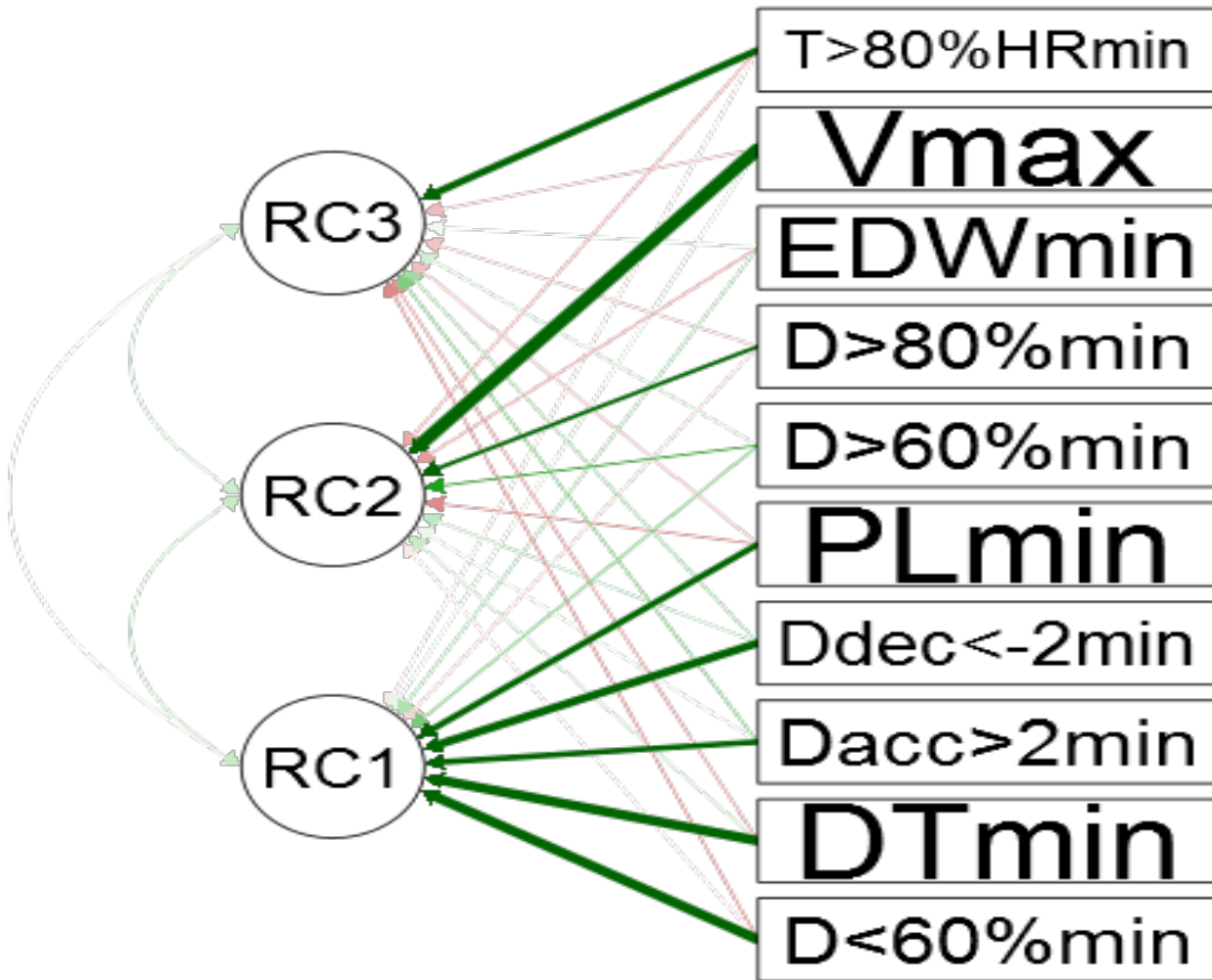
Behoko irudian beha daiteke SG formatuaren eta beste hiru formatuen arteko konparazioa; alderatze hori efektuaren tamainaren bitartez egiten da. Irudiaren behealdeari erreparatuz gero ikus dezakegunez, SG eta LSG formatuen artean ez dago diferentzia nabarmenik. Aztertutako aldagai guztiek magnitude-diferentzia txiki bat erakutsi zuten SGaren eta LSGaren arteko konparazioari dagokionez, baina diferentzia horiek handiagoak eta txikiagoak izan ziren SSG eta MSG formatuekin alderatuz gero. Abiadura-dimentsioa dakarten aldagaiek (adibidez, V_{\max} , $D > \%60\text{min}$, $D > \%80\text{min}$ eta DTmin) efektu handiagoa dute SG formatuekin (eragin ertainetik oso eragin altura); indar-dimentsioa dakarten aldagaiek, aldiz, (adibidez, PLmin, Dacc>2min and Ddec<-2min), SSG eta MSG (eragin baxutik eragin ertainera) formatuekin.



1. irudia

Entrenamendu-partida (SG) formatuen efektuaren tamaina beste hiru joko murriztuekin alderatuta, joko murriztu txikiak (SSG), joko murriztu ertainak (MSG) eta joko murriztu handiak (LSG). Vmax abiadura maximoa da; DTmin, distantzia totala; D<%60min, abiadura maximoaren % 60tik behera egindako DT; D>%60min, abiadura maximoaren % 60-80 tartean egindako DT; D>80%min, abiadura maximoaren % 80tik gora egindako DT; Mmin minutuko egindako distantzia da; EDWmin, Edwards unitate arbitrarioa minutuko; T>%80HRmin, bihotz-maiztasun maximoaren % 80 baino gorago igarotako denbora; PLmin, jokalarikarga minutuk; Dacc>2min, distantzia totalan egindako 2 m/seg² gorako azelerazioa; eta Ddec<-2min, distantzia totalan egindako -2 m/seg² beherako dezelerazioa da.

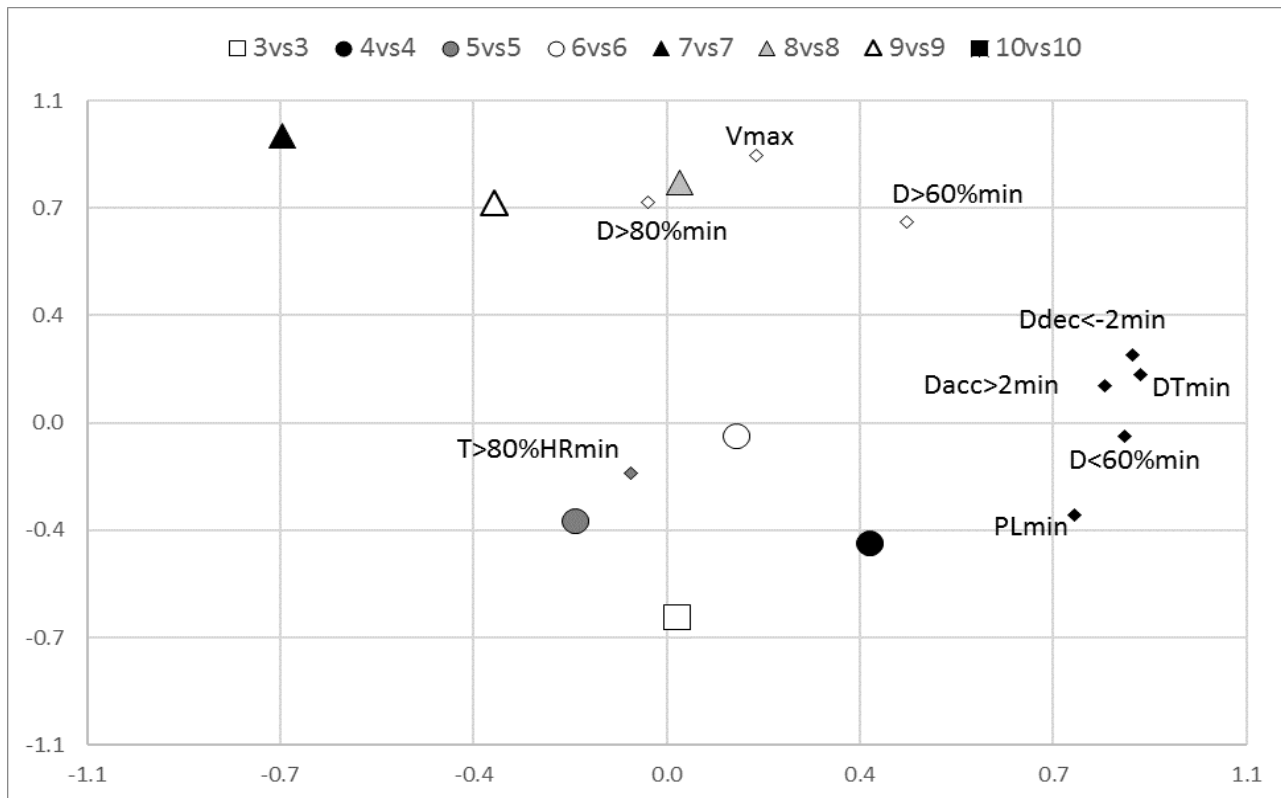
Osagai nagusiaren azterketari dagokionez, bakoitzaren balio propioak honako hauek izan ziren: 3.79 (PC1), 1.82 (PC2) eta 1.05 (PC3). Osagai nagusi bakoitzak azaldutako erabateko aldaketak honako hauek izan ziren: 37.90, 18.24 eta 10.53, PC1erako, PC2rako eta PC3rako, hurrenez hurren. 2. irudiak barneko TL (iTl) eta kanpoko TL (eTL) intentsitateko hamar aldagaien adierazgarritasuna erakusten du (osagai birakaria).



2. irudia

PCAREN emaitzetan, osagai nagusi bakoitzerako txandakatutako entrenamendu-kargen analisia (0,7tik gorako balioak nabarmentzen dira: PC1ean $d < \% 60 \text{ min} = 0.83$, $PL_{\text{min}} = 0.74$, $DT_{\text{min}} = 0.86$, $D_{\text{acc}} > 2\text{min} = 0.79$ eta $D_{\text{dec}} < -2\text{min} = 0.84$, PC2an $V_{\text{max}} = 0.82$ eta $D > \% 80 = 0.72$, eta PC3an $T80\%HR_{\text{min}} = 0.79$).

Azkenik, 3. irudiak joko-formatu bakoitzak osagai birakarien diagraman duen posizioa erakusten du. Bi faktore nagusi baino ez ziren trazatu joko-formatuen desberdintasunak bisualki irudikatzeko.

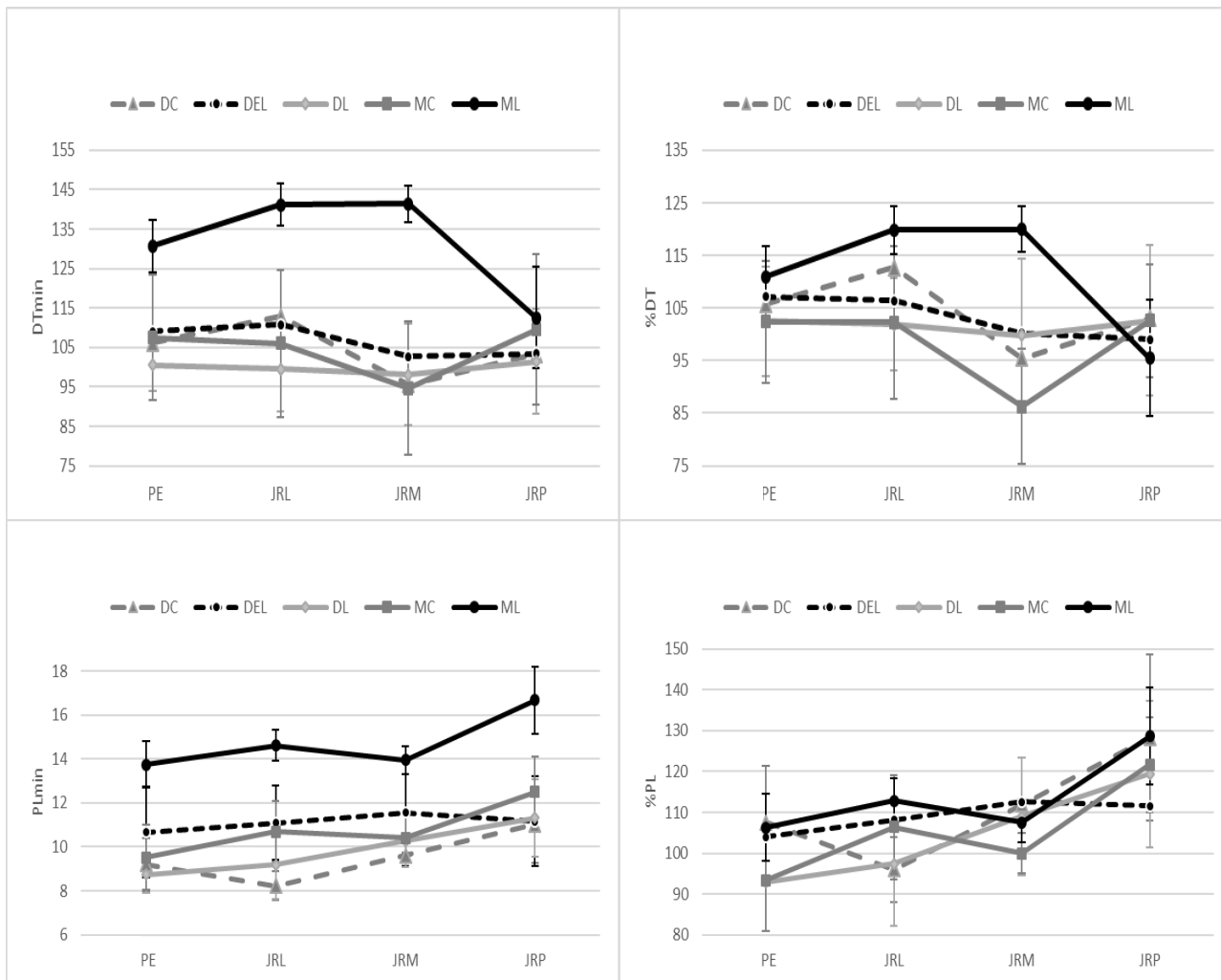


3. irudia

Joko-formatuen batez bestekoaren banaketa PC1 eta PC2 analisiaren bidez. Joko-formatuak hauek dira: 3vs3tik edo joko murriztu txikitik (hiru jokalaritako talde bakoitzeko), 10vs10eraino edo entrenamendu-partidetaraino (hamar jokalaritako talde bakoitzeko).

6.3. HIRUGARREN IKERKETA

Laugarren irudi honetan DT eta PL aldagaien BB eta \pm SD erakusten dira. Analisia futbolarien demarkazio eta entrenamendu-zeregin bakoitzeko, eta lehiaketaren datu absolutu eta erlatiboak kontuan edukiz egindakoa da. Joko-formatuei dagokienez —DTmin eta %DT aldagaiak—, joko murriztu handi (JRL) eta entrenamendu-partidetan (PE) jokalariek estimulu gogorragoak zituzten joko murriztu txiki (JRP) eta ertainetan (JRM) baino; PLmin eta %PL aldagaiak, berriz, JRP eta JRM formatuetan. Bestalde, aipatu behar da hegaleko erdilariaren (ML) kokapenak erakutsi dituela DT eta PL aldagaiekiko balio altuenak.



4. irudia

DT eta PL aldagai absolutu eta erlatiboen batez bestekoak eta desbideratze estandarrak, jokalarien demarkazio eta entrenamendu-zereginen arabera bereizita. JRP joko murriztu txikia 4vs4 da (lau jokalaria talde bakoitzeko), JRM joko murriztu ertaina 6vs6 da, JRL joko murriztu handia 8vs8 da, eta PE entrenamendu-partida 10vs10. DTmin distantzia totala termino absolutuetan da, %DT distantzia totala termino erlatiboetan. PLmin jokalaria-karga termino absolutuetan da, %PL jokalaria-karga termino erlatiboetan. DC atzelaria da, DEL aurrelaria, DL hegaleko atzelaria, MC erdilaria eta ML hegaleko erdilaria.

Jokalariek zelaian dituzten postuen eta joko-formatuen arteko konparazioa (efektuaren tamaina kalkulaturaz) bederatzigarren taulan azaltzen da. Ikus daitekeenez, demarkazioen arteko diferentziak aldatu egiten dira ikerturiko aldagaiak balio absolutu (DT, minutuko egindako distantzia, metrotan neurtuta, edo PL, unitate arbitrarioa minutuko) edo erlatiboen arabera (DT eta PL aldagaiak lehiaketaren jardura-profilera normalizatuta, ehunekoa %, alegia) analizatzen baditugu.

Azpirarratzekoa da diferentziak nabarmenagoak direla demarkazioen artean aldagaiak balio absolutuetan alderatzen direnean, lehiaketaren jardura-profilera erlatibizatuta egiten direnean baino. Zehazki, izugarritzko igoera eman zen (Cohenen $d > 2.0$, 5ekoa den balio kualitatiboarekin adierazia)

entrenamendu-partida (PE) formatuentzat PLmin aldagairako DL vs ML eta MC vs ML demarkazioetan; joko murriztu handien (JRL) formatuentzat PLmin aldagairako DC vs DEL, DEL vs ML, DL vs ML, eta MC vs ML demarkazioetan; eta baita ere, joko murriztu ertainen (JRM) formatuentzat PLmin aldagairako DC vs ML, DL vs ML eta MC vs ML demarkazioetan, eta joko murriztu txikien (JRP) formatuentzat PLmin aldagairako DC vs ML, DEL vs ML, DL vs ML, eta MC vs ML demarkazioetan. Halaber, izugarritzko murrizketa eman zen (*Cohenen* $d > 2.0$, -5ekoa den balio kualitatiboarekin adierazia) JRP formatuan DTmin aldagairako DC, DEL eta DL demarkazioetan MLe kin alderatzean.

Azkenik, termino erlatibo ei dagokienez, diferentzia esanguratsuak bakarrik tarteko formatuentzat (JRL eta JRM) aurkitu ditugu. Nabarmentzen diren diferentzia esanguratsu horiek hauek dira: % DT aldagairako DC vs ML, eta DEL vs ML demarkazioetan (bi formatuetarako); JRL formatuan DL vs ML demarkazioetan, eta JRM formatuan MC vs MLetan.

9. taula

Cohenen d efektuaren tamaina (Cohenen d), errore estandarra (EE), beheko muga (BM) eta goiko muga (GM) entrenamendu-zereginen arabera bereizitako demarkazioen arteko konparazioan.

Zeregin	Demarkazioa	Aldagaia	Absolutu (min) [<i>d de Cohen</i> + EE (BM/GM)]	BK	Erlatibo (%) [<i>d de Cohen</i> + EE(BM/GM)]	BK
PE	DCvsDEL	DT	-0.20 ±0.55 (-1.10/0.71)	0	0.11 ±0.55 (-0.79/1.02)	1
	DCvsDEL	PL	0.88 ±0.57 (-0.04/1.81)	3	-0.26 ±0.55 (-1.16/0.65)	-1
	DCvsDL	DT	0.51 ±0.62 (-0.51/1.53)	2	-0.31 ±0.62 (-1.32/0.70)	-1
	DCvsDL	PL	-0.44 ±0.62 (-1.46/0.57)	-1	-1.13 ±0.65 (-2.20/-0.06)	-2
	DCvsMC	DT	-0.69 ±0.59 (-1.66/0.28)	-2	-0.30 ±0.58 (-1.25/0.65)	-1
	DCvsMC	PL	0.24 ±0.58 (-0.71/1.19)	2	-1.06 ±0.61 (-2.06/-0.07)	-2
	DCvsML	DT	-2.46 ±0.94 (-4.00/-0.93)	-4	0.61 ±0.72 (-0.57/1.80)	3
	DCvsML	PL	4.07 ±1.24 (2.04/6.10)	4	-0.11 ±0.71 (-1.27/1.05)	0
	DELvsDL	DT	0.84 ±0.44 (0.12/1.56)	3	-0.37 ±0.42 (-1.07/0.33)	-1
	DELvsDL	PL	-1.24 ±0.45 (-1.98/-0.49)	-3	-0.86 ±0.44 (-1.58/-0.15)	-2
	DELvsMC	DT	-0.71 ±0.38 (-1.33/-0.09)	-2	-0.36 ±0.37 (-0.97/0.25)	-1
	DELvsMC	PL	-0.64 ±0.38 (-1.26/-0.03)	-2	-0.80 ±0.38 (-1.43/-0.18)	-2

	DELvsML	DT	-2.60 ±0.67 (-3.70/-1.50)	-4	0.34 ±0.55 (-0.57/1.25)	2
	DELvsML	PL	1.89 ±0.62 (0.88/2.90)	4	0.20 ±0.55 (-0.70/1.11)	2
	DLvsMC	DT	-1.26 ±0.50 (-2.08/-0.44)	-3	-0.01 ±0.46 (-0.76/0.74)	0
	DLvsMC	PL	0.64 ±0.47 (-0.12/1.41)	3	0.04 ±0.46 (-0.70/0.79)	1
	DLvsML	DT	-3.91 ±1.01 (-5.56/-2.26)	-4	1.01 ±0.65 (-0.05/2.07)	3
	DLvsML	PL	5.32 ±1.25 (3.28/7.36)	5	1.30 ±0.67 (0.21/2.40)	4
	MCvsML	DT	-1.53 ±0.64 (-2.58/-0.48)	-3	0.94 ±0.60 (-0.05/1.92)	3
	MCvsML	PL	3.28 ±0.82 (1.94/4.62)	5	1.21 ±0.62 (0.20/2.22)	4
<hr/>						
	DCvsDEL	DT	-0.48 ±0.63 (-1.50/0.55)	-1	-0.44 ±0.62 (-1.46/0.59)	-1
	DCvsDEL	PL	2.22 ±0.71 (1.06/3.38)	5	1.29 ±0.65 (0.22/2.35)	4
	DCvsDL	DT	0.20 ±0.69 (-0.93/1.34)	2	-0.74 ±0.71 (-1.90/0.43)	-2
	DCvsDL	PL	0.80 ±0.71 (-0.37/1.97)	3	0.12 ±0.69 (-1.01/1.25)	1
	DCvsMC	DT	-0.36 ±0.68 (-1.48/0.76)	-1	-0.62 ±0.69 (-1.75/0.51)	-2
	DCvsMC	PL	2.25 ±0.83 (0.89/3.62)	5	0.97 ±0.71 (-0.19/2.13)	3
	DCvsML	DT	-1.90 ±0.87 (-3.32/-0.47)	-3	0.52 ±0.74 (-0.69/1.74)	2
	DCvsML	PL	9.46 ±2.48 (5.40/13.52)	5	2.45 ±0.95 (0.89/4.01)	5
	DELvsDL	DT	1.12 ±0.47 (0.35/1.89)	3	-0.53 ±0.45 (-1.27/0.20)	-1
JRL	DELvsDL	PL	-1.17 ±0.47 (-1.94/-0.40)	-2	-0.82 ±0.46 (-1.57/-0.07)	-2
	DELvsMC	DT	-0.08 ±0.42 (-0.77/0.61)	0	-0.35 ±0.42 (-1.05/0.35)	-1
	DELvsMC	PL	-0.25 ±0.42 (-0.94/0.45)	-1	-0.15 ±0.42 (-0.85/0.54)	0
	DELvsML	DT	-2.32 ±0.60 (-3.31/-1.33)	-4	2.03 ±0.58 (1.08/2.99)	5
	DELvsML	PL	2.73 ±0.64 (1.68/3.77)	5	0.54 ±0.51 (-0.30/1.37)	2
	DLvsMC	DT	-0.76 ±0.54 (-1.64/0.12)	-2	0.03 ±0.52 (-0.82/0.88)	1
	DLvsMC	PL	1.02 ±0.55 (0.12/1.93)	3	0.64 ±0.53 (-0.23/1.51)	3
	DLvsML	DT	-2.36 ±0.76 (-3.61/-1.12)	-4	2.56 ±0.79 (1.28/3.85)	5
	DLvsML	PL	4.51 ±1.09 (2.72/6.30)	5	1.35 ±0.65 (0.29/2.41)	4
	MCvsML	DT	-1.34 ±0.63 (-2.37/-0.31)	-3	1.63 ±0.65 (0.56/2.70)	4

	MCvsML	PL	3.54 ±0.90 (2.06/5.01)	5	0.65 ±0.58 (-0.31/1.61)	3	
	DCvsDEL	DT	-0.25 ±0.78 (-1.52/1.03)	-1	0.49 ±0.78 (-0.79/1.77)	2	
	DCvsDEL	PL	1.15 ±0.81 (-0.18/2.47)	3	0.06 ±0.77 (-1.21/1.33)	1	
	DCvsDL	DT	0.16 ±0.87 (-1.27/1.58)	1	0.36 ±0.87 (-1.07/1.79)	2	
	DCvsDL	PL	0.79 ±0.90 (-0.67/2.26)	3	-0.29 ±0.87 (-1.72/1.13)	-1	
	DCvsMC	DT	-1.00 ±0.91 (-2.50/0.49)	-2	-0.97 ±0.91 (-2.47/0.52)	-2	
	DCvsMC	PL	1.10 ±0.92 (-0.42/2.61)	3	-3.29 ±1.28 (-5.39/-1.18)	-4	
	DCvsML	DT	-1.42 ±1.12 (-3.25/0.42)	-3	3.91 ±1.71 (1.11/6.71)	5	
	DCvsML	PL	9.44 ±3.49 (3.73/15.16)	5	-1.24 ±1.09 (-3.03/0.55)	-3	
JRM	DELvsDL	DT	0.55 ±0.60 (-0.44/1.53)	2	-0.03 ±0.59 (-1.00/0.94)	0	
	DELvsDL	PL	-0.67 ±0.61 (-1.67/0.32)	-2	-0.25 ±0.59 (-1.22/0.73)	-1	
	DELvsMC	DT	-1.16 ±0.63 (-2.19/-0.13)	-2	-1.26 ±0.64 (-2.31/-0.22)	-3	
	DELvsMC	PL	-0.62 ±0.60 (-1.61/0.37)	-2	-1.14 ±0.63 (-2.17/-0.11)	-2	
	DELvsML	DT	-1.80 ±0.86 (-3.21/-0.40)	-3	2.35 ±0.91 (0.86/3.85)	5	
	DELvsML	PL	1.37 ±0.82 (0.02/2.72)	4	-0.46 ±0.78 (-1.74/0.82)	-1	
	DLvsMC	DT	-1.11 ±0.76 (-2.36/0.13)	-2	-1.05 ±0.75 (-2.28/0.19)	-2	
	DLvsMC	PL	0.11 ±0.71 (-1.05/1.27)	1	-0.84 ±0.74 (-2.04/0.37)	-2	
	DLvsML	DT	-1.96 ±1.03 (-3.65/-0.26)	-3	1.88 ±1.02 (0.21/3.56)	4	
	DLvsML	PL	3.84 ±1.41 (1.54/6.15)	5	-0.14 ±0.87 (-1.56/1.28)	0	
	MCvsML	DT	0.20 ±0.87 (-1.23/1.62)	1	4.06 ±1.46 (1.67/6.45)	5	
	MCvsML	PL	4.17 ±1.48 (1.74/6.60)	5	1.51 ±0.97 (-0.08/3.10)	4	
	JRP	DCvsDEL	DT	-0.78 ±0.33 (-1.33/-0.24)	-2	-0.24 ±0.33 (-0.78/0.29)	-1
		DCvsDEL	PL	0.08 ±0.32 (-0.45/0.61)	1	-0.78 ±0.33 (-1.33/-0.24)	-2
DCvsDL		DT	0.34 ±0.33 (-0.21/0.88)	2	-0.03 ±0.33 (-0.57/0.52)	0	
DCvsDL		PL	0.17 ±0.33 (-0.37/0.72)	1	-0.46 ±0.34 (-1.01/0.09)	-1	
DCvsMC		DT	-1.15 ±0.38 (-1.77/-0.53)	-2	-0.03 ±0.35 (-0.61/0.55)	0	
DCvsMC		PL	0.89 ±0.37 (0.29/1.50)	3	-0.40 ±0.36 (-0.98/0.19)	-1	

DCvsML	DT	-3.37 ±0.58 (-4.32/-2.42)	-5	-0.61 ±0.39 (-1.24/0.02)	-2
DCvsML	PL	3.46 ±0.59 (2.49/4.43)	5	0.03 ±0.38 (-0.59/0.65)	1
DELvsDL	DT	1.61 ±0.26 (1.19/2.03)	4	0.21 ±0.22 (-0.15/0.58)	2
DELvsDL	PL	0.08 ±0.22 (-0.29/0.44)	1	0.39 ±0.22 (0.02/0.75)	2
DELvsMC	DT	-0.46 ±0.26 (-0.88/-0.04)	-1	0.23 ±0.25 (-0.18/0.65)	2
DELvsMC	PL	0.72 ±0.26 (0.30/1.15)	3	0.57 ±0.26 (0.15/0.99)	2
DELvsML	DT	-3.05 ±0.39 (-3.70/-2.40)	-5	-0.24 ±0.29 (-0.70/0.23)	-1
DELvsML	PL	3.04 ±0.39 (2.40/3.69)	5	0.97 ±0.30 (0.48/1.45)	3
DLvsMC	DT	-1.87 ±0.31 (-2.38/-1.36)	-3	0.00 ±0.26 (-0.43/0.43)	0
DLvsMC	PL	0.71 ±0.27 (0.27/1.15)	3	0.15 ±0.26 (-0.28/0.58)	1
DLvsML	DT	-4.68 ±0.54 (-5.56/-3.80)	-5	-0.56 ±0.30 (-1.05/-0.07)	-1
DLvsML	PL	3.25 ±0.43 (2.55/3.96)	5	0.62 ±0.30 (0.13/1.11)	3
MCvsML	DT	-2.62 ±0.43 (-3.32/-1.91)	-4	-0.65 ±0.33 (-1.19/-0.12)	-2
MCvsML	PL	2.65 ±0.43 (1.94/3.36)	5	0.60 ±0.32 (0.07/1.13)	2

Oharra: JRP joko murriztu txikia 4vs4 da (lau jokalarik talde bakoitzeko); JRM, joko murriztu ertaina 6vs6; JLR, joko murriztu handia 8vs8; eta PE, entrenamendu-partida 10vs10. DT distantzia totala da, eta PL, jokalarik karga. DC atzelaria da, DEL aurrelaria, DL hegaleko atzelaria, MC erdilaria eta ML hegaleko erdilaria. BK balio kualitatiboa da; 0, tribiala; -1, murrizketa txikia; -2, murrizketa ertaina; -3, murrizketa handia; -4, murrizketaso handia; -5, izugarritzko murrizketa; 1, igoera txikia; 2, igoera ertaina; 3, igoera handia; 4, igoera oso handia; eta 5, izugarritzko igoera.

7. EZTABAIDA



7. EZTABAIDA

Atal honetan, doktorego-tesi hau osatzen duten hiru artikuluen eztabaidak garatzen dira. Tesi honetan planteaturiko helburuen erantzunak ezagutzeko, eta emaitzak errazago irakurri, ulertu eta eztabaidatzeko aurkeztuko dugu atal hau.

7.1. LEHENENGO IKERKETA

Mikroziklo bakoitzean jokalaria erdiprofesionalek metaturiko karga, balio erlatiboetan banakako lehiaketaren jarduera-profilera normalizatuta, nekearekin erlazionatzen duen lehen lana da. Nekea monitorizatzeko bi neurketa erabili ziren: bata objektiboa (CMJ testa) eta bestea subjektiboa (TQR galdetegia). Ikerketa horrek erakutsi du estrategia egokia izan daitekeela entrenamendu-dosi egoki horren bilakaeran asteko entrenamendu-kargen monitorizazio indibidualizatua lehiaketaren eskaerei normalizatuta egitea eta nekearekin erlazionatzea. Pauso handiak eman direla iruditzen zaigu, nahiz eta oraindik baditugun erronkak.

Egun, hurbilago gaude jakiteko entrenamendu-dosi egoki batek zer preskripzio izan beharko lukeen, alde batetik, jokalaria asteburuz asteburu txapelketara ahalik eta baldintza onenetan hel dadin, eta bestetik, entrenamendu-saioen bitartez futbolarien egoera fisikoa hobetu dadin lehiaketako errendimendua maximizatzeko. Aurretiko ikerketetan (Akenhead et al., 2016; Casamichana et al., 2013b; Colby et al., 2014; Gabbett et al., 2016b; Gabbett, 2016a; Gastin et al., 2013; Gaudino et al., 2013; Henderson, Cook, Kidgell, & Gastin, 2015; Impellizzeri et al., 2005; Los Arcos, Martínez-Santos, Yanci, Martín, & Castagna, 2014b; Malone et al., 2015b; Mclean et al., 2010; Nédélec et al., 2012b; Thorpe et al., 2015), entrenamendu eta partidetan jokalariei ezartzen zaien karga aztertu dute, baina inork ez du aztertu asteko entrenamendu-kargen monitorizazio indibidualizatua lehiaketaren eskaerei normalizatuta, nahiz eta eliteko taldeek entrenamendu-tresna gisa erabili (Akenhead & Nassis, 2016).

Entrenamendu-saioak diseinatzeko orduan lehiaketaren balio absolutuak bakarrik kontuan hartzen baditugu, jokalariei emango dizkiegun estimuluak ez dira modu indibidualizatuan banakakoaren beharretara egokituko. Hori ez da soilik balio absolutuak erabiltzeagatik gertatzen; jokalariek zelaian duten posizioaren arabera (Di Salvo et al., 2007) ezarritako eskaeren ezberdintasunengatik, eta baita banakakoen arteko berezitasunengatik ere gertatzen da (Castellano &

Blanco-Villaseñor, 2015; Impellizzeri et al., 2005). Bestalde, jokalariek jasaten duten TLaren kopurua eurek jasan dezaketen kargara baldintzatua egon behar du (Gabbett, 2016a).

Hortaz, gehiegizko kargaren ondorio negatiboak saihesteko, jokalarien neke metatua aztertu behar da. Beraz, balio erlatiboak erabiltzeak eta nekearekin erlazionatzeak garrantzi handia izango du jokalarien ongizatea bermatzeko garaian. Gaur egun, arreta berezia jartzen ari zaio neke neuromuskularraren ebaluazioari (Gabbett & Ullah, 2012; McLean et al., 2010). Ebaluazio hori jauzi bertikal sinple eta objektiboko proba baten bidez egiten da (hau da, CMJ). Gathercolek eta kolaboratzaileek (2015), beren ikerketan, korrelazio esanguratsuak aurkitu zituzten mikroziklotan neke neuromuskularra neurtzen duen CMJ aldagairako.

TL optimoa doitzeko tresna erabilgarria izan liteke; hala, talde teknikoak bermatu ahal izango luke jokalaria fresko egongo direla lehiatzen direnean. Gure ikerketan, CMJarekin neurtutako neke neuromuskularra sentikorra izan zen entrenamendu-asteen jokalariek jasandako kargarekiko. Dimentsio neuromuskularrarekin lotutako aldagaiak (PL, azelerazioak eta dezelerazioak) sentikortasun handiagoa erakutsi zuten kontramugimendudun jauziaren test objektiboarekin.

Azkenik, TQR galdetegiak erabiliz, mikrozikloaren amaieran jokalaria duen errekupeazio subjektiboaren maila jakin dugu, eta horrek jokalaria astean zehar izandako nekeari buruzko informazioa ematen du. Ikerketa honetan, sistema kardiobaskularraren sistemarekin lotutako aldagaietan TQR galdetegiak sentikortasun handiagoa erakutsi du. Horrek iradokitzen du interesgarria izan daitekeela kontuan hartzea, TLaren dimentsioak monitorizatzen diren bezala, garrantzitsua izan liteke zenbait tresna izatea jokalaria neke-egoera edo errekupeazioa ebaluatzeko, eta horrek sortutako nekearen hainbat dimentsiorekin tratatuko luke.

7.2. BIGARREN IKERKETA

Hiru osagai nagusi dituen egitura baten identifikazioa aztertzea izan zen ikerketaren helburua. Talde bereko jokalarien entrenamendu-eskaerak eta -erantzunak lau joko-formatutan (SSG, MSG, LSG eta SG) multzokatutako zortzi joko-zeregin ebaluatzen dituen lehenengo lana da. Horretarako, kanpoko zortzi aldagai eta barneko bi aldagai monitorizatu ziren. Ikerketa-lan honetan lorturiko emaitza nagusiak honela laburbil ditzakegu: PCA metodoaren analisiaren bidez gutxieneko aldagai kopurua zehaztea eta informazio erredundantea alde batera uztea. Aldagai bakoitzaren karga-

doikuntzari aplikatu dakioke prozedura hori, aldagaien gutxieneko kopurua zehazteko.

Metodo (PCA) honen helburua da datuen osagai eta/edo aldagai garrantzitsuenak identifikatzea eta aztertzea, informazioa murriztu gabe. Hasierako faktore-kopurua analisi faktorialean erabilitako aldagaien kopuru bera izan bazen ere, lehenengo hiru (1, 2 eta 3) osagai nagusiak (PC) bakarrik kontserbatu ziren azterlan honetan. Esan dezakegu hiru osagai nagusien batuketaren arabera bariantzaren gutzitiko % 66.7a adierazten dugula. Lehenengo osagai nagusiak (PC1) bost eTL aldagai ($D < 60$, PL, DT, $D_{acc} > 2$ eta $D_{dec} < -2$) biltzen ditu; bigarren osagaiak (PC2), hiru aldagai (V_{max} , $D > 60$ eta $D > 80$); eta azkenik, hirugarren osagaiak (PC3) iTL aldagai ($T > 80$ HRmin) bakarrik batzen du.

Lehenik eta behin, ikuspegi konparatibo batetik abiatuta, esan, aurreko azterketetan (Casamichana & Castellano, 2010; Castellano, Puente, Casamichana, & Echeazarra, 2015) aurkitutako profil bera aurkitu dugula entrenamendu-partidak (SG) gainerako joko-formatuen multzoei lotutako eskaera eta erantzunekin alderatzean. Zelai-dimentsiorik handienek eta talde bakoitzeko jokalarikopuru handienek eskaera handiagoak eragiten dituzte V_{max} eta $D > 80$ min aldagaietan (Hodgson, Akenhead, & Thomas, 2014). Bi aldagaiak (zelai-dimentsioa eta jokalarikopurua) txikiagoak direnean, aldiz, eskaerak handiagoak dira azelerazioaren eta dezelerazioaren aldagaietan (Castellano & Casamichana, 2013).

Horrez gain, Casamichana eta lankideen (2019b) ikerketek iradoki dute futbol-talde bateko jokalariek joko-formatu desberdinetan parte hartzen dutenean entrenamendu-lanen eskaerak ez direla berdinak. Hori dela eta, interesgarria izan liteke entrenamenduen joko-formatu sorta osoa erabiltzea (1vs1etik 10vs10era), saioaren helburu kondizionalaren arabera, jokoaren eskaerak erreplikatu, supra-estimulatu edo azpi-estimulatzeko. Gainera, bide horretan oso garrantzitsua izango da lehiaketa-profil partikularrean ondoen egokitzeko jokalarien kokapenen berezitasunak kontuan hartzea (Delaney, Cummins, Thornton, & Duthie, 2018; Lancome et al, 2018).

Lehenengo osagai nagusiak bariantza-proporzio handiena azaldu zuen (% 38), eta aztertutako hamar aldagaietatik bost erabili zituen. Osagai horretan parte hartzen duten kanpo-entrenamenduko kargako bost aldagaietatik hiruk (PL, ACC eta DEC) erlazio estua dute dimentsio neuromuskularrarekin edo indar-dimentsioarekin. Bigarren osagaiari dagokionez, V_{max} eta $D > 80$ min-ek izan zuten adierazgarritasun handiena. Bi aldagai horiek abiadura-dimentsio batekin

edo lokomozio-dimentsio batekin lotuta daude. Azkenik, hirugarren osagaia BMaren neurketekin lotutako aldagaiak osatzen dute, eta aldagai horiek erresistentzia-dimentsio bat adierazten dute. EDWmin aldagaiak (barne-adierazle bezala) dimentsio horretan pisurik ez badu ere, $T > \%80$ HRmin aldagaiak ondoen irudikatu zuena izan zen, hau da, adierazgarritasun handiena izan zuen. Aldagai horretatik hurbilen zeuden entrenamendu-formatuak SSG eta MSG izan ziren. Emaitza horiek bat datoz futboleko SSGaren inguruan egindako beste azterketa batzuek emandako emaitzekin (Brandes, Heitmann, & Müller, 2011), eta horregatik, esan dezakegu tresna egokia dela joko-formatu horiek erabiltzea futbol-jokalarien erresistentzia hobetzeko (Dellal et al., 2008). Horrenbestez, ondoriozta dezakegu hiru faktore horiek (joko-formatuen arabera) lehiaketaren jatorrizko datuen eskaerak eta erantzunak irudikatzen dituztela.

Azterlan honetan lortutako emaitzak oso interesgarriak dira. Egitura bat identifikatzeari dagokionez, ondorioztatzen dugu joko-formatu guztiak erabiliz hiru dimentsioak ordezkaturik egongo liratekeela, eta horiek guztiak beharrezkoak izango lirateke jokalarien eskaeren eta erantzunen espektroa sailkatzeko, lehiaketaren beharrak simulatzen dituzten joko-formatuen sorta zabala erabiliz. Azken finean, lan-kargaren azterketa zuzena eta kalitatekoa egiteko, nahikoa izan liteke hiru dimentsioak aztertzea eta gutxieneko aldagai kopurua zehaztea; izan ere, kanpoko eta barneko intentsitate-aldagaien konbinazioari esker bariantza-proporzioaren zatirik handiena azaltzen dugu.

7.3. HIRUGARREN IKERKETA

Ikerketa honen helburua jokalaria erdiprofesionalen erantzun fisikoa deskribatzea izan zen. Horretarako, jokalariek zelaian dituzten bost demarkazio eta lau joko-formatu aztertu ziren; joko horietan, entrenamenduko karga aztertu zen lehiaketan lorturiko balio absolutu eta erlatiboen bitartez. Azterlanaren ekarpen nagusia da aztertutako joko-formatu desberdinen bidez jokalarien erantzun fisikoak —lokomotora (DT) eta mekanikoa (PL)— desberdinak izan zirela analisia termino absolutu edo erlatiboetan banakako lehiaketaren jardura-profilera egokituta egin zenean.

Ikerketaren ondorioei dagokienez, nabarmendu daiteke proposaturiko entrenamendu-lanetan talde bakoitzean zenbat eta jokalaria gutxiago egon, orduan eta nabariagoak zirela erantzun fisikoen antzekotasunak demarkazio ezberdinen artean horiek balio absolutuen bidez (DTmin eta PLmin) neurtutakoan. TLaren datuak lehiaketaren eskaera partikularretara erlatibizatzean (%DT eta %PL),

aldiz, jokalaria gehienak eta dimentsio handienetan jokatutakoak izan ziren demarkazioen arteko erantzun fisikoaren antzekotasun handiena lortu zutenak.

Dimentsio mekanikoan eta jokalarien kokapenen multzorako, PL aldagaiaren bitartez aztertuta, azterlan honetan lorturiko emaitzak bat etorri ziren aurreko azterketetan lortutakoekin (Casamichana & Castellano, 2010; Castellano & Casamichana, 2013). Dimentsio txikiko zelaian eta talde bakoitzean efektibo gutxirekin egiteko entrenamendu-atazak erabiltzeak dimentsio mekanikoaren eskaerak handitzea ekarri zuen; zelaiaren dimentsioak laburtzean eta talde bakoitzeko jokalarikopurua handitu ahala, ordea, txikiagotu egiten ziren dimentsio mekanikoaren eskaerak.

Bestalde, eta demarkazioez gain, lokomozio-dimentsioan (DT aldagaiaren bidez aztertuta), egiaztatu zen talde bakoitzeko jokalarikopurua handiagoa zen heinean eskaera kondizionala handitu egiten zela. Literaturak diotenaren ildotik, zenbat eta handiagoak izan jokalekuaren dimentsioak, orduan eta handiagoak izan ziren desplazamendu-eskariak (Casamichana et al., 2019b; Casamichana & Castellano, 2010).

Lan honen emaitzek erakutsi zuten joko-formatu desberdinek eragindako eskaerak aldatu egiten direla jokalariek lehiaketan duten posizioaren arabera. Joko-formatuaren tamainaren arabera (JRP, JRM, JRL eta PE), balio absolutuetan (m bider min⁻¹) edo erlatiboetan (%) adierazitako erantzun fisikoak bereziak izan ziren demarkazio bakoitzerako, aurreko lanetan proposatutakoarekin bat etorriz (Abbott et al., 2018; Lancome et al., 2018). Bereziki nabarmentzen da eskaera fisikoen interpretazioa kontraesankorra izan daitekeela, azterketa termino absolutuetan edo erlatiboetan egiten bada.

Demarkazioen artean erantzun fisikoa antzekoa izan zen joko-formatu txikienetan (JRP eta JRM), eskaerak termino absolutuetan baloratu zirenean, baina analisisa balio erlatiboetan egiten dugunean posizioen artean desberdintasunak ikusten dira. Aitzitik, joko-formatu handienetan (JRL eta PE) alderantziz gertatzen da: eskariak termino erlatiboetan adierazten direnean, taldearen barrutien arteko desberdintasunak gutxitu egiten dira, eta, balio absolutuetan adierazten direnean, aldeak azaleratzen dira. Ikuspuntu horretatik abiatuta, interesgarria izan liteke kargen kudeaketari eta horrek lesioarekin duen erlazioari buruzko ikerketak egitea (Griffin et al., 2019).

Azterketa honen emaitzen arabera, aztertutako lau joko-formatuek modu desberdinean estimulatzen dituzte demarkazioak, eta horregatik, esku-hartze prozesuan implementatu daitezke, helburuaren arabera, lehiaketa-profil partikularrera ondoen egokitzen diren erantzun fisikoak erreplikatu, supra-estimulatu edo azpi-estimulatu ditzaketen entrenamendu-lanak.

8. ERREFERENTZIAK



8. ERREFERENTZIAK

- Abbott, W., Brickley, G., & Smeeton, N. J. (2018). Positional differences in GPS outputs and perceived exertion during soccer training games and competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(11), 3222-3231.
- Abt, G. & Lovell, R. (2009). The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 27(9), 893-898.
- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517-538.
- Ade, J., Fitzpatrick, J., & Bradley P. S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2205-2214.
- Akenhead, R. M. (2014). *Examining the physical and physiological demands of elite football*. Doctoral Thesis. Newcastle: Northumbria University.
- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-593.
- Akenhead, R., French, D., Thompson, K. G., & Hayes, P. R. (2014). The acceleration dependent validity and reliability of 10 Hz GPS. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 562-566.
- Akenhead, R., Harley, J. A., & Twedde, S. P. (2016). Examining the external training load of an English Premier League football team with special reference to acceleration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2424-2432.
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 556-561.
- Akubat, I., Patel, E., Barnett, S., & Abt, G. (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1473-1480.

- Alexandre, D., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, d., Natali, A. J., De Lima, J. R., Bara Filho, M. G., Marins, J. J., Garcia, E. S., & Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2890-2906.
- Alexiou, H., & Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(3), 320-330.
- Anderson, L., Orme, P., Di Michele, R., Close, G. L., Milsom, J., Morgans, R., ... Morton, P. (2016). Quantification of seasonal long physical load in soccer players with different starting status from the English Premier League: Implications for maintaining squad physical fitness. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 1038-1046.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(2), 278-285.
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295-310.
- Bacon, C. S., & Mauger, A. R. (2017). Prediction of Overuse Injuries in Professional U18-U21 Footballers Using Metrics of Training Distance and Intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3067-3076.
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579.
- Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., & del Campo-Vecino, J. (2014). Hormonal and neuromuscular responses to high-level middle- and long-distance competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5), 839-844.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer -- with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 619. eranskina, 1-155.
- Bangsbo, J. (1997). *Entrenamiento de la condición física en el fútbol*. Barcelona: Paidotribo.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006a). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665-674.

- Bangsbo, J., Mohr, M., Poulsen, A., Perez-Gomez, J., & Krstrup, P. (2006b). Training and testing the elite athlete. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 4, 1-14.
- Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance. In H. Green, J. McDougal, & H. Wenger (Eds.), *Physiological Testing of Elite Athletes*, Champaign: Human Kinetics, 403-424.
- Barrett, S., McLaren, S., Spears, I., Ward, P., & Weston, M. (2018). The influence of playing position and contextual factors on soccer players' match differential ratings of perceived exertion: A preliminary investigation. *Sports*, 6(1), 13.
- Barrett, S., Midgley, A. W., Towlson, C., Garrett, A., Portas, M., & Lovell, R. (2016). Within-match playerload™ patterns during a simulated soccer match: Potential implications for unit positioning and fatigue management. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 135-140.
- Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2006). Making inferences about magnitudes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(1), 50-57.
- Borg, G. (1985). *An introduction to Borg's RPE-scale*. Ithaca, NY: Movement Publications.
- Borg, G. (1998). *Borg's Perceived Exertion and pain scales*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 16-30.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779-795.
- Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6. eranskina), 446-451.
- Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 311-321.
- Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2013). Quantifying external load in Australian football matches and training using accelerometers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 44-51.
- Boyd, L., Gallaher, E., Ball, K., Stepto, N., Aughey, R. & Varley, M. (2010). Practical application of accelerometers in Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, e14-e15.

- Bradley, P.S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2343-2351.
- Brandes, M., Heitmann, A., & Müller, L. (2011). Physical responses of different small-sided game formats in elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5): 1353-1360.
- Brink, M. S., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S. L., & Lemmink, K. A. (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 597-603.
- Bruce, R. A., Fisher, L. D., Cooper, M. N. & Grey, G. O. (1974). Separation of effects of cardiovascular disease and age on ventricular function with maximal exercise. *The American Journal of Cardiology*, 34(7), 757-763.
- Buchheit, M., & Simpson, B. M. (2017). Player-Tracking Technology: Half-Full or Half-Empty Glass? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2. eranskina), S235-S241.
- Buchheit, M., Horobeanu, C., Méndez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2011). Effects of age and spa treatment on match running performance over two consecutive games in highly trained young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 591-598.
- Buchheit, M., Mendez-villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *International Journal of Sports Medicine*, 31(10), 709-716.
- Buchheit, M., Simpson, B. M., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Repeated high-speed activities during youth soccer games in relation to changes in maximal sprinting and aerobic speeds. *International Journal of Sports Medicine*, 34(1), 40-48.
- Campos-Vázquez, M. A. (2015a). *Monitorización de respuestas físicas y fisiológicas al entrenamiento y la competición en fútbol*. Tesis Doctoral. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.
- Campos-Vázquez, M. A., & Lapuente, M. (2018). Análisis de las diferencias posicionales en el perfil competitivo de potencia metabólica en futbolistas profesionales. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*. ISSN: 1889-5050.

- Campos-Vázquez, M. A., & Toscano, F. J. (2014). Monitorización de la carga de entrenamiento, la condición física, la fatiga y el rendimiento durante el microciclo competitivo en fútbol. *Fútbolpf: Revista de Preparación física en el Fútbol*, 12, 23-36.
- Campos-Vázquez, M. A., Castellano, J., Toscano-Bendala, F. J., & Owen, A. (2019). Comparación de las demandas físicas y fisiológicas entre partidos amistosos y diferentes sesiones de entrenamiento del periodo preparatorio en futbolistas profesionales. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 15(58), 339-352.
- Campos-Vázquez, M. A., Méndez, A., González, J. A., León, J. A., Santalla, A., & Suárez, L. (2015b). Relationships between RPE- and HR- derived measures of internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 587-592.
- Campos-Vázquez, M. A., Toscano-Bendala, F. J., Mora-Ferrera, J. C., & Suarez- Arrones, L. J. (2017). Relationship between internal load indicators and changes on intermittent performance after the preseason in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1477-1485.
- 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.
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2013). Utilidad de la escala de percepción subjetiva del esfuerzo Para cuantificar la carga de entrenamiento en fútbol. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 8, 53-70.
- Casamichana, D., Castellano, J., & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 837-843.
- Casamichana, D., Castellano, J., & Dellal, A. (2013a). Influence of different training regimes on physical and physiological demands during small-sided games: continuous vs. intermittent format. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 690-697.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-González, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013b). Relationship between indicators of training load in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 369-374.

- Casamichana, D., Castellano, J., Diaz, A. G., Gabbett, T. J., & Martin-Garcia, A. (2019a). The most demanding passages of play in football competition: a comparison between halves. *Biology of Sport*, 36(3), 233.
- Casamichana, D., Castellano, J., Gómez Díaz, A., & Martín-García, A. (2019b). Looking for Complementary Intensity Variables in Different Training Games in Football. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Publikatzeko dago.
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Bordon, C., & Manzi, V. (2011). Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 66-71.
- Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Weston, M., & Barbero Alvarez, J. C. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3227-3233.
- Castellano, J., & Blanco-Villaseñor, A. (2015). Análisis de la variabilidad de desplazamiento de futbolistas de élite durante una temporada competitiva a partir de un modelo mixto multivariable. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 161-168.
- Castellano, J., & Casamichana, D. (2013). Differences in the number of accelerations between small-sided games and friendly matches in soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(1), 209-210.
- Castellano, J., Casamichana, D., Calleja-González, J., San Román, J., & Ostojic, S. M. (2011). Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 233-234.
- Castellano, J., Puente, A., Casamichana, D., & Echeazarra, I. (2015). Influence of the number of players and the relative pitch area per player on heart rate and physical demands in youth soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1683-1691.
- Castillo, D., Weston, M., McLaren, S. J., Cámara, J., & Yanci, J. (2017). Relationships Between Internal and External Match-Load Indicators in Soccer Match Officials. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7) 922-927.
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., ... & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397-402.

- Clemente, F. M., Mendes, B., Nikolaidis, P. T., Calvete, F., Carriço, S., & Owen, A. L. (2017). Internal training load and its longitudinal relationship with seasonal player wellness in elite professional soccer. *Physiology & Behavior*, *179*, 262-267.
- Colby, M. J., Dawson, B., Heasman, J., Rogalski, B., & Gabbett, T. J. (2014). Accelerometer and gps-derived running loads and injury risk in elite Australian footballers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(8), 2244-2252.
- Coutts, A., Rampinini, E., Marcora, S., Castagna, C. & Impellizzeri, F. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(1), 79-84.
- Coutts, A., Reaburn, P., Piva, T. J., & Murphy, A. (2007). Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(2), 116-124.
- Coutts, A., Wallace, L., & Slatery, K. (2004). Monitoring training load. *Sports Coach*, *27*, 12-14.
- Cross, M. J., Williams, S., Trewartha, G., Kemp, S. P., & Stokes, K. A. (2016). The Influence of In-Season Training Loads on Injury Risk in Professional Rugby Union. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(3), 350-355.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, *43*(10), 1025-1042.
- Delaney, J. A., Cummins, C. J., Thornton, H. R., & Duthie, G. M. (2018). Importance, reliability and usefulness of acceleration measures in team sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(12), 3485-3493.
- Delaney, J. A., Thornton, H. R., Burgess, D. J., Dascombe, B. J., & Duthie, G. M. (2017). Duration-specific running intensities of Australian Football match-play. *Journal of Science and Medicine in sport*, *20*(7), 689-694.
- Dellal, A., Chamari, K., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., & Keller, D. (2008). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(5), 1449-1457.
- Dellal, A., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, P., Natali, A. J., De Lima, J. R., ... & Karim, C. (2012a). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play

and training, practical application. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2890-2896.

- Dellal, A., Lago-Penas, C., Wong, D. P., & Chamari, K. (2011). Effect of the number of ball touch within bouts of 4 vs. 4 small-sided soccer games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 322-333.
- Dellal, A., Owen, A., Wong, D. P., Krstrup, P., van Exsel, M., & Mallo, J. (2012b). Technical and physical demands of small vs. large sided games in relation to playing position in elite soccer. *Human Movement Science*, 31(4), 957-969.
- Dellal, A., Wong, D.P., Moalla, W., & Chamari, K. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the First French League – with special reference to their playing position. *International of Sports Medicine Journal*, 11(2), 278-290.
- De Hoyo, M., & Aceña, A. (2017). Tecnologías aplicadas al fútbol. Sistemas de posicionamiento global (GPS). *Nuevas tecnologías aplicadas a la actividad física y el deporte*, 69-86. Pamplona: Aranzadi.
- di Prampero, P. E., Fusi, S., Sepulcri, L., Morin, J. B., Belli, A., & Antonutto, G. (2005). Sprint running: a new energetic approach. *Journal of Experimental Biology*, 208(Pt 14), 2809-2816.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderón Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222-227.
- Di Salvo, V., Pigozzi, F., González-Haro, C., Laughlin, M. S., & De Witt, J. K. (2013). Match performance comparison in top English soccer leagues. *International Journal of Sports Medicine*, 34(6), 526-532.
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 205-212.
- Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K., & Dellal, A. (2017). Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology & Behavior*, 181, 86-94.
- Drust, B., Atkinson, G., & Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Medicine*, 37(9), 783-805.
- Drust, B., & Green, M. (2013). Science and football: evaluating the influence of science on performance. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1377-1382.

- Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisloff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *American Journal of Sports Medicine*, 38(9), 1752-1758.
- Dwyer, D. B., & Gabbett, T. J. (2012). Global positioning system data analysis: Velocity ranges and a new definition of sprinting for field sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 818-824.
- Edwards, S. (1993). *High performance training and racing*. In: Edwards S, ed. The Heart Rate Monitor Book. 8th ed. Sacramento, CA: Feet Fleet Press. 113-123.
- Ehrmann, F. E., Duncan, C. S., Sindhusake, D., Franzsen, W. N., & Greene, D. A. (2016). GPS and injury prevention in professional soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 360-367.
- Eklom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Medicine*, 3(1), 50-60.
- Eniseler, N. (2005). Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 799-804.
- Espósito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93(1-2), 167-172.
- Fanchini, M., Ghielmetti, R., Coutts, A. J., Schena, F., & Impellizzeri, F. M. (2015). Effect of training session intensity distribution on session-RPE in soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 426-430.
- Fessi, M. S., & Moalla, W. (2018). Postmatch perceived exertion, feeling, and wellness in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 631-637.
- Fessi, M. S., Zarrouk, N., Di Salvo, V., Filetti, C., Barker, A. R., & Moalla, W. (2016). Effects of tapering on physical match activities in professional soccer players. *Journal of Sports Science*, 34(24), 2189-2194.
- Flanagan, T., & Merrick, E. (2002). Quantifying the workload of soccer players. W. Spinks, T. Reilly, & A. Murphy. *Science and Football IV*, 341-349. London: Routledge.

- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, ... & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Foster, C., Hector, R., Welsh, M., Schrage, M. A., Green, A., & Snyder, C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(4), 367-372.
- Gabbett, T. J. (2004). Influence of training and match intensity on injuries in rugby league. *Journal of Sports Sciences*, 22(5), 409-417.
- Gabbett, T. J. (2015). Relationship Between Accelerometer Load, Collisions, and Repeated High-Intensity Effort Activity in Rugby League Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3424-3431.
- Gabbett, T. J. (2016a). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273-280.
- Gabbett, T. J., & Jenkins, D. (2011). Relationship between training load and injury in professional rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(3), 204-209.
- Gabbett, T. J., & Ullah, S. (2012). Relationship between running loads and soft-tissue injury in elite team sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 953-960.
- Gabbett, T. J., Hulin, B. T., Blanch, P., & Whiteley, R. (2016b). High training workloads alone do not cause sports injuries: how you get there is the real issue. *British Journal of Sports Medicine*, 50(8), 444-445.
- Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., & Abernethy, B. (2012). Physical demands of professional rugby league training and competition using microtechnology. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(1), 80-86.
- Gale-Ansodi, C., Langarika-Rocafort, A. Usabiaga, O. & Castellano, J. (2016). New variables and new agreements between 10Hz global positioning system devices in tennis drills. *Journal of Sports Engineering and Technology*. 230, 121-123.
- Gallo, T., Cormack, S., Gabbett, T., Williams, M., & Lorenzen, C. (2015). Characteristics impacting on session rating of perceived exertion training load in Australian footballers. *Journal of Sports Sciences*, 33(5), 467-475.

- Gastin, P. B., Meyer, D., & Robinson, D. (2013). Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite Australian football. *Journal Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2518-2526.
- Gathercole, R., Sporer, B., & Stellingwerff, T. (2015). Countermovement Jump Performance with Increased Training Loads in Elite Female Rugby Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 36(9), 722-728.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Strudwick, A.J., Atkinson, G., & Gregson, W. (2013). Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *International Journal of Sports Medicine*, 34(11), 963-968.
- Gómez-Carmona, C. D., Pino-Ortega, J., Sánchez-Ureña, B., Ibáñez, S. J., & Rojas-Valverde, D. (2019). Accelerometry-Based External Load Indicators in Sport: Too Many Options, Same Practical Outcome?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24).
- Gómez-Carmona, C., Gamonales, J., Pino-Ortega, J., & Ibáñez, S. (2018). Comparative Analysis of Load Profile between Small-Sided Games and Official Matches in Youth Soccer Players. *Sports*, 6(4), 173.
- Graff, K.-H. (2002). *Ergometrische Untersuchungen*. In: Clasing D, Siegfried I, eds. Sportärztliche Untersuchung und Beratung. Spitta Verlag GmbH & Co. KG; 38-46.
- Graham, S. R., Cormack, S., Parfitt, G., & Eston, R. (2018). Relationships Between Model Estimates and Actual Match-Performance Indices in Professional Australian Footballers During an In-Season Macrocycle. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 339-346.
- Griffin, A., Kenny, I. C., Comyns, T. M., Lyons, M., Griffin, A., & Kenny, I. C. (2019). The association between the acute : chronic workload ratio and injury and its application in team sports : a systematic review. *Sports Medicine*, 50(3), 561-580.
- Hader, K., Palazzi, D., & Buchheit, M. (2015). Change of direction speed in soccer: how much braking is enough? *Kinesiology: International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*, 47(1), 67-74.
- Halsom S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2. eranskina), S139-S147.

- Haugen, T., & Buchheit, M. (2016). Sprint running performance monitoring: Methodological and practical considerations. *Sports Medicine*, 46(5), 641-656.
- Haugen, T., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2013). Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995-2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 148-156.
- Heisterberg, M. F., Fahrenkrug, J., Krstrup, P., Storskov, A., Kjær, M., & Andersen, J. L. (2013). Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1260-1271.
- Helsen, W., Van Winckel, J., McMillan, K., Meert, J-P., Aubert, A., Koolwijk, P., ... Tenney, D. (2014). Heart Rate and GPS monitoring in soccer. J. Van Winckel, W. Helsen, K. McMillan, D. Tenney, J-P. Meert, & P. Bradley (ed), *Fitness in Soccer: The Science and Practical Application* (149-166). Klein Gelmen: Moveo Ergo Sum.
- Henderson, B., Cook, J., Kidgell, D. J., & Gatin, P. B. (2015). Game and Training Load Differences in Elite Junior Australian Football. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(3), 494-500.
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. *Sports medicine*, 41(3), 199-220.
- Hodgson, C., Akenhead, R., & Thomas, K. (2014). Time-motion analysis of acceleration demands of 4v4 small-sided soccer games played on different pitch sizes. *Human Movement Science*, 33, 25-32.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine*, 34(3), 165-180.
- Hollville, E., Couturier, A., Guilhem, G., & Rabita, G. (2016). MinimaxX player load as an index of the center of mass displacement? A validation study. *ISBS-Conference Proceedings Archive*, 33(1).
- Hopkins, W. G. (2000). A new view of statistics. Internet Society for Sport Science. <http://www.sportsci.org/resource/stats/>.
- Hooper, S. L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes. *Sports Medicine*, 20(5), 321-327.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(3), 291-306.

- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Science*, 23(6), 583-592.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-Based Training Load in Soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042-1047.
- Jiménez-Reyes, P., & González-Badillo, J. J. (2011). Monitoring training load through the CMJ in sprints and jump events for optimizing performance in athletics. *Cultura, Ciencia, Deporte*, 6(18), 207.
- Johnston, R. D., Gabbett, T. J., & Jenkins, D. G. (2015). Influence of playing standard and physical fitness on activity profiles and post-match fatigue during intensified junior rugby league competition. *Sports Medicine - open*, 1(1), 18.
- Johnston, R. D., Gabbett, T. J., & Jenkins, D. G. (2015). The Influence of Physical Fitness and Playing Standard on Pacing Strategies During a Team-Sport Tournament. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 1001-1008.
- Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J. & Spurr, R.W. (2013). The Validity and reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1649-1655.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities: practical application. *Sports Medicine*, 5(5), 303-311.
- Kenttä, G., & Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Medicine*, 26(1), 1-16.
- Kinugasa, T., & Kilding, A. E. (2009). A comparison of post-match recovery strategies in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1402-1407.
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H. E. L. G. A., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(7), 1242.
- Lancome, M., Simpson, B. M., Cholley, Y., Lambert, P., & Buchheit, M. (2018). Small-Sided Games in Elite Soccer: Does One Size Fits All? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5): 568-576.

- Little, T., & Williams, A. G. (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 367-371.
- Londoree, B. R., & Moeschberger, M. L. (1982). Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Journal Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53(4), 297-304.
- Los Arcos, A. (2014a). *Control y evaluación de la carga de entrenamiento para la preparación física de jóvenes futbolistas profesionales*. Tesis Doctoral. Vitoria: Universidad del País Vasco.
- Los Arcos, A., Gil-Rey, E., Izcue, I., & Yanci, J. (2013). Monitoring training load in young professional soccer players. *International Journal of Sports Science*, 3(1), 13-21.
- Los Arcos, A., Martínez-Santos, R., Yanci, J., Martín, J., & Castagna, C. (2014b). Variability of objective and subjective intensities during ball drills in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 752-757.
- Los Arcos, A., Mendez-Villanueva, A., & Martínez-Santos, R. (2017). In-season training periodization of professional soccer players. *Biology of Sport*, 34(2), 149-155.
- Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., & Gorostiaga, E. M. (2014c). Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3280-3288.
- Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, A. J., ... & Wagenmakers, E. -J. (2015). JASP (Version 0.7.5) [Computer software].
- Lovell, R., & Abt, G. (2013). Individualization of time-motion analysis: a case-cohort example. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(4), 456-458.
- Lucia, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C., & Chicharro, J. L. (2003). Tour de France versus Vuelta a España: which is harder? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(5), 872-878.
- Macleod, H., & Sunderland, C. (2012). Reliability of the physiological and metabolic responses to a field hockey specific treadmill protocol for elite female players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(4), 351-358.
- Malone, J. J. (2014). *An examination of the training loads within elite professional football*. Doctoral Thesis. Liverpool: Liverpool John Moores University.
- Malone, J. J., Di Michele, R., Morgans, R., Burgess, D., Morton, J. P., & Drust, B. (2015a). Seasonal training-load quantification in elite English premier league soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, 489-497.

- Malone, J. J., Murtagh, C. F., Morgans, R., Burgess, D. J., Morton, J. P., & Drust, B. (2015b). Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle in elite youth soccer players. *Journal Strength and Conditioning Research*, 29(3), 752-757.
- Malone, S., Owen, A., Mendes, B., Hughes, B., Collins, K., & Gabbett, T. J. (2018). High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(3), 257-262.
- Manzi, V., Bovenzi, A., Impellizzeri, F. M., Carminati, I., & Castagna, C. (2013). Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the precompetitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 631-636.
- Manzi, V., D'Ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1399-1406.
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'Ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(11), 2090-2096.
- Martín-García, A., Casamichana, D., Díaz, A. G., Cos, F., & Gabbett, T. J. (2018). Positional differences in the most demanding passages of play in football competition. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(4), 563.
- Martín-García, A., Castellano, J., Gómez, A., Cos, F., y Casamichana, D. (2019). Positional demands for various-sided games with goalkeepers according to the most demanding passages of match play in football. *Biology of Sport*, 36(2), 171-180.
- McHugh, M. P., Clifford, T., Abbott, W., Kwiecien, S. Y., Kremenec, I. J., Devita, J. J. & Howatson, G. (2018). Countermovement Jump Recovery in Professional Soccer Players Using an Inertial Sensor. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-23.
- McLaren, S., Smith, A., Spears, I., & Weston, M. (2017). A detailed quantification of differential ratings of perceived exertion during team-sport training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20, 290-295.
- McLean, B. D., Coutts, A. J., Kelly, V., McGuigan, M. R., & Cormack, S. J. (2010). Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 367-383.

- McNair, P., Lorr, M., & Drappelman, L. (1971). *Manual for the Profile of Mood States*. San Diego, CA: Education and Industrial Testing Services.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A., European College of Sport Science, & American College of Sports Medicine (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186-205.
- Minetti, A., Moia, C., Roi, G. S., Susta, D., & Ferretti, G. (2002). Energy cost of walking and running at an extreme uphill and downhill slopes. *Journal of Applied Physiology*, 93(3), 1039-1046.
- Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Science*, 21(7), 519-528.
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Minahan, C. L. (2010). The physical and physiological demands of basketball training and competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(1), 75-86.
- Morgan, W. (1980). The Trait Psychology Controversy. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 50-76.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012a). Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Medicine*, 42(12), 997-1015.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012b). Recovery in soccer: Part II - recovery strategies. *Sports Medicine*, 43(1), 9-22.
- Ngo, J. K., Tsui, M. C., Smith, A. W., Carling, C., Chan, G. S., & Wong, D. P. (2011). The effects of man-marking on work intensity in small-sided soccer games. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(1), 109-114.
- Oliveira, R., Brito, J., Martins, A., Mendes, B., Calvete, F., Carriço, S., ... Marques, M. C. (2019). In-season training load quantification of one-, two- and three-game week schedules in a top European professional soccer team. *Physiology & Behavior*, 201, 146-156.
- Orendurff, M. S., Walker, J. D., Jovanovic, M., Tulchin, K. L., Levy, M., & Hoffmann, D. K. (2010). Intensity and duration of intermittent exercise and recovery during a soccer match. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2683-2692.

- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 170-178.
- Osiecki, R., Rubio, T. B. G., Coelho, R. L., Novack, L. F., Conde, J. H. S., Alves, C. G., & Malfatti, C. R. M. (2015). The total quality recovery scale (TQR) as a proxy for determining athletes' recovery state after a professional soccer match. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(3), 27-32.
- Owen, A. L., Wong, D. P., Paul, D., & Dellal, A. (2014). Physical and technical comparisons between various-sided games within professional soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 35(4), 286-292.
- Rago, V., Brito, J., Figueiredo, P., Costa, J., Krustup, P., & Rebelo, A. (2020). Internal training load monitoring in professional football: a systematic review of methods using rating of perceived exertion. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(1), 160-171.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R. & Impellizzeri, F. M. (2007a). Validity of simple field tests as indicators of match-related Physical performance in top level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 228-235.
- Rampinini, E., Coutts, A.J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F.M. (2007b). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018-1024.
- Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., Drust, B. & Krustup, P. (2012). A new tool to measure training load in soccer training and match play. *International Journal of Sports Medicine*, 33(4), 297-304.
- Reche-Soto, P., Cardona-Nieto, D., Díaz-Suarez, A., Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C., Garcia-Rubio, J., & Pino-Ortega, J. (2019). Player Load and Metabolic Power Dynamics as Load Quantifiers in Soccer. *Journal of Human Kinetics*, 69, 259-269.
- Roe, G., Darrall-Jones, J., Black, C., Shaw, W., Till, K., & Jones, B. (2017). Validity of 10-HZ GPS and Timing Gates for Assessing Maximum Velocity in Professional Rugby Union Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(6), 836-839.
- Roe, G., Till, K., Beggs, C. B., & Jones, B. (2016). The use of accelerometers to quantify collisions and running demands of rugby union match-play. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(2), 590-601.

- Rogalski, B., Dawson, B., Heasman, J., & Gabbett, T. J. (2013). Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 499-503.
- Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J., & Medina, D. (2018). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. *PLoS one*, 13(7), e0201264.
- Salaj, S., & Markovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1249-1255.
- Sangnier, S., Cotte, T., Brachet, O., Coquart, J., & Tourny, C. (2019). Planning training workload in football using small-sided games' density. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(10), 2801-2811.
- Schuth, G., Carr, C., Barnes, C., Carling, C., & Bradley P. S. (2016). Positional interchanges influence the physical and technical match performance variables of elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 501-508.
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & Jance de Jorge, 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.
- Silva, J. R., Magalhães, J. F., Ascensão, A., Seabra, A. F., & Rebelo, A. N. (2013). Training status and match activity of professional soccer players throughout a season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 20-30.
- Silva, J. R., Magalhaes, J. F., Ascensão, A. A., Oliveira, E. M., Seabra, A. F., & Rebelo, A. N. (2011). Individual match playing time during the season affects fitness-related parameters of male professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2729-2739.
- Soligard, T., Schweltnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, P., ... Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030-1041.
- Sonderegger, K., Tschopp, M., & Taube, W. (2016). The Challenge of Evaluating the Intensity of Short Actions in Soccer: A New Methodological Approach Using Percentage Acceleration. *PLoS One*, 11(11), e0166534.

- Stagno, K. M., Thatcher, R., & Van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 629-634.
- Stevens, T. G. A., de Ruiter, C. J., Twisk, J. W. R., Savelsbergh, G. J. P., & Beek, P. J. (2017). Quantification of in-season training load relative to match load in professional Dutch Eredivisie football players. *Science and Medicine in Football*, 1, 117-125.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of Soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
- Strauss, A., Sparks, M., & Pienaar, C. (2019). The Use of GPS Analysis to Quantify the Internal and External Match Demands of Semi-Elite Level Female Soccer Players during a Tournament. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 73-81.
- Suarez-Arrones, L., Torreno, N., Requena, B., Sáez de Villarreal, E., Casamichana, D., Barbero-Alvarez, J. C., & Munguía-Izquierdo, D. (2015). Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(12), 1417-1422.
- Suarez-Arrones, L., Tous-Fajardo, J., Núñez, J., Gonzalo-Skok, O., Gálvez, J., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 667-673.
- Svensson, M., & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 601-618.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). Using multivariate statistics. Boston: Pearson Education Inc.
- Tanaka, H., Monahan, K. G., & Seals, D. S. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-166.
- Theodoropoulos, J. S., Bettle, J., & Kosy, J. D. (2020). The use of GPS and inertial devices for player monitoring in team sports: A review of current and future applications. *Orthopedic reviews*, 12(1), 7863.
- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2015). Monitoring fatigue during the in-season competitive phase in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 958-964.

- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2016a). The influence of changes in acute training load on daily sensitivity of morning-measured fatigue variables in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2. eranskina), S2107-S2113.
- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2016b). Tracking morning fatigue status across in-season training weeks in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 947-952.
- Tierney, P. J., Young, A., Clarke, N. D., & Duncan, M. J. (2016). Match play demands of 11 versus 11 professional football using Global Positioning System tracking: Variations across common playing formations. *Human Movement Science*, 49, 1-8.
- Twist, C., & Highton, J. (2013). Monitoring fatigue and recovery in rugby league players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(5), 467-474.
- Uchida, M. C., Teixeira, L. F. M., Godoi, V. J., Marchetti, P. H., Conte, M., Coutts, A. J., & Bacurau, R. F. P. (2014). Does The Timing of Measurement Alter Session-RPE in Boxers? *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(1), 59.
- Van Winckel, J., McMillan, K., Meert, J.-P., Berckmans, B., & Helsen, W. (2014). Fitness testing. J. Van Winckel, W. Helsen, K. McMillan, D. Tenney, J-P. Meert, & P. Bradley (ed), *Fitness in Soccer: The Science and Practical Application* (123-148). Klein Gelmen: Moveo Ergo Sum
- Varley, M. C., Aughey, R. J., & Pedrana, A. (2011). Accelerations in football: Toward a better understanding of high intensity activity. *Book of abstract 7th World Congress on Science & Football & 9th Congress of Japanese Society of Science & Football* (115). Nagoya: Japan.
- Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 34(1), 34-39.
- 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.
- Waldron, M. T., Twist, C., Highton, J., Worsfold, P., & Daniels, M. (2011). Movement and physiological match demands of elite Rugby League using portable global positioning systems. *Journal of Sports Science*, 29(11), 1223-1230.

- Weaving, D., Dalton, N. E., Black, C., Darrall-Jones, J., Phibbs, P. J., Gray, M., ... & Roe, G. (2018). The Same Story or a Unique Novel? Within-Participant Principal-Component Analysis of Measures of Training Load in Professional Rugby Union Skills Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(9), 1175-1181.
- Weaving, D., Jones, B., Marshall, P., Till, K., & Abt, G. (2017a) Multiple measures are needed to quantify training loads in professional rugby league. *International Journal of Sports Medicine*, 38(10), 735-740.
- Weaving, D., Jones, B., Till, K., Abt, G., & Beggs, C. (2017b). The case for adopting a multivariate approach to optimize training load quantification in team sports. *Frontiers in Physiology*, 8, 1024.
- Weaving, D., Marshall, P., Earle, K., Nevill, A., & Abt, G. (2014). A combination of internal and external training load measures explains the greatest proportion of variance in certain training modes in professional rugby league. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 905-912.
- Williams, S., Trewartha, G., Cross, M.J., Kemp, S. P., & Stokes, K. A. (2016). Monitoring what matters: A systematic process for selecting training load measures. *International Journal of Sports Medicine*, 12(2. eranskina), S2101-S2106.
- Wong, P., Carling, C., Chaouachi, A., Dellal, A., Castagna, C., Chamari, K., & Behm, D. G. (2011). Estimation of oxygen uptake from heart rate and ratings of perceived exertion in young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1983-1988.
- Wrigley, R., Drust, B., Stratton, G., Scott, M. & Gregson, W. (2012). Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1573-1580.
- Wundersitz, D. W., Gatin, P. B., Robertson, S., Davey, P. C., & Netto, K. J. (2015). Validation of a Trunk-mounted Accelerometer to Measure Peak Impacts during Team Sport Movements. *International Journal of Sports Medicine*, 36(9), 742-746.
- Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 414-419.

9. ONDORIOAK



9. ONDORIOAK

Atal honetan, doktorego-tesia osatzen duten hiru artikuluetan ateratako ondorio nagusiak aurkezten dira:

1. Lehenengo artikuluan baieztatu da astean zehar TL (lehiaketaren jarduera-profilera normalizatuta) altuegiak jasaten dituzten jokalariek neke neuromuskularraren maila handiagoak pairatzen dituztela; hau da, TL maila batetik aurrera zenbat eta karga handiagoak pilatu asteko saioetan, orduan eta murrizagoa izango dela CMJ testean eman ahalko den errendimendu fisikoa. Hala ere, jokalariek CMJaren aste hasierako balioak (FATrel-en bidez neurtuta) berreskuratzea lortu zuten lehiaketaren aurretik.

Ikerketa honen bidez, lehiaketaren eskariei dagokienez, hobeto ulertzen da kargaren eta nekearen arteko erlazioa. Kanpo-karga objektiboari buruzko (distantzia, abiadura eta azelerazioa/dezelerazioa), eta barne-karga objektiboari (BM) eta subjektiboari buruzko (RPE) informazioak batetik, eta nekea ebaluatzeko adierazle objektibo (CMJ) eta subjektiboei (TQR) buruzko informazioak bestetik, entrenamenduaren prozesua eta jokalarien freskotasuna hobeto ulertzen eta egoki kudeatzen lagun diezaiekete entrenatzaileei.

Hein berean, jakin beharko litzateke asteko entrenamendu-prozesuan jokalariei eskatzen zaien kargaren bidez beraien forma edo *fitness*-egoera mantentzen edo hobetzen den; horrela, jakin liteke karga/nekea binomioaren kudeaketak jokalarien errendimendu fisikoa hobetzen duen. Azkenik, berebiziko garrantzia du asteko entrenamendu-kargen monitorizazio indibidualizatua lehiaketaren eskariei normalizatuta egiteak eta hori nekearekin erlazionatzeak.

2. Bigarren azterketaren ondorioa izan zen hainbat joko-formaturen konbinazioak (SSG, MSG, LSG eta SG) azaltzen zituela ikerketan aztertutako aldagai guztiak; beste modu batera esanda, zenbait estimulu-mota behar direla jokalarien lehiaketaren eskaerak optimizatzeko. Doktorego-tesi honen bigarren ikerketan erabilitako entrenamendu-jokoen formatuek erakutsi zuten azelerazioaren eta dezelerazioaren osagaia izan zela estimulatuen SSG formatuetan, eskaera kardiobaskularrak handiagoak izan zirela MSGetan, eta BB abiadura eta Vmax osagaiak, LSG eta SGetan. Etorkizuneko ikerketetan arreta jarri beharko litzateke mota horretako jokoen analisisian, jokalarien kokapenei eta/edo lehiaketaren banakako profiei dagokienez.

3. Ildo horretatik jarraituz, hirugarren ikerketaren ondorioa izan zen aztertutako entrenamenduzeregin guztiek (JRP, JRM, JRL eta PE) ez zutela distantzia eta karga mekaniko bera eskatzen, bai balio absolutuetan bai balio erlatiboetan neurtuta, futbolari erdiprofesionalen demarkazio bakoitzerako (DC, DL, MC, ML eta DEL). Beraz, jokalarien kokapenen berezitasunei erantzun beharko litzaieke, helburuaren arabera, lehiaketa-profil partikularrera ondoen egokitzen diren aldagaiak erreplikatu, supra-estimulatu edo azpi-estimulatzeko entrenamendu-lanak diseinatzen direnean. Azkenik, pentsa liteke etorkizuneko ikerketetan arreta handiagoa jarri beharko litzatekeela mota horretako lanen eskaerak ezagutzen, eta demarkazio bakoitzerako eta banakako lehiaketaren jarduera-profilera egokituta, jokalarien entrenamendu-prozesua optimizatzen.

10. APLIKAZIO PRAKTIKOAK



10. APLIKAZIO PRAKTIKOAK

Atal honetan, doktorego-tesia osatzen duten hiru artikuluetan lorturiko emaitzak aztertuta ondorengo aplikazio praktikoak aurkezten ditugu:

1. TLaren monitorizaziotik lortutako informazioa eta nekearen ebaluazioa (objektiboa eta subjektiboa) edukita, hurbilago gaude jakiteko entrenamendu-dosi (TLaren % X) egoki batek zer preskripzio izan beharko lukeen jokalaria asteburuz asteburu txapelketara ahalik eta freskoen eta *fitness*-egoera onenean hel dadin. Entrenamendu-dosi egoki horren bilakaeran berebiziko garrantzia hartzen du lehiaketaren jarduera-profilera normalizatuta futbolarien kargak aztertzeak, hau da, lehiaketaren balio erlatiboak kontuan izateak.

2. PCA analisiaren metodoaren bitartez entrenatzaileen zereginetako bat errazten dugu, hau da, lan-kargak aztertzean informazio erredundantea alde batera uzten dugu. Horregatik ezinbesteko jotzen dugu gutxieneko aldagai-kopurua zehaztea eta hala islatu dugu gure ikerketetan. Doktorego-tesi honetan identifikaturiko gutxieneko aldagaiak —hau da, barne- eta kanpo-entrenamenduko kargako hiru dimentsioak bermatzeko—, ondorengoak dira:

- Indar-dimentsioa (PL, $D_{acc} > 2$ eta $D_{dec} < -2$)
- Lokomozio-dimentsioa (V_{max} eta $D > \%80min$)
- Erresistentzia-dimentsioa ($T > \%80 HRmin$)

3. Entrenamendu-jokoaren formatu desberdinen eskaerak ere aztertu beharko dira talde teknikoei entrenamendu-saioak diseinatzen laguntzeko. Doktorego-tesi honen emaitzek erakutsi digute, barne- eta kanpo-intentsitateko aldagaien konbinazioari esker, sakon deskriba daitezkeela egungo eskaerak eta entrenatzaileek eguneroko entrenamendu-saioetan erabiltzen dituzten joko-formatuen erantzunak. Hori dela eta, gomendagarria dirudi entrenatzaileek ataza mota guztiak (adibidez, 1vs1-etik 10vs10-era) kontuan hartzea jokalaria bakoitzaren behar bereziei erantzuteko, eta, errendimendua optimizatzeko, asteko egunaren eta denboraldiko unearen testuinguruan jarrita.

4. Esan dezakegu LSG eta SG formatuak aukeratu beharko ditugula lokomozio-dimentsioarekin lotura duten aldagaiak estimulatu nahi baditugu. Indar-dimentsioarekin lotura duten aldagaiak

estimulatzeko, aldiz, SSG formatua erabili beharko dugula. Eta erresistentzia-dimentsioa estimatu nahi badugu MSG formatua erabiliko dugula.

5. Demarkazio bakoitzerako lehiaketa-profil partikularrera ondoen egokitzen diren aldagaiak erreplikatu, supra-estimatu edo azpi-estimulatzeko, zein entrenamendu joko-formatu aukeratu behar dugun jakiteko ondorengo puntuak idatzi ditugu:

- ML demarkaziorako, DTmin eta %DT aldagaiak supra-estimulatzeko JRL eta JRM formatuak erabiliko ditugu. Aldagai horiek azpi-estimulatzeko, JRP formatua. PLmin eta %PL aldagaiak supra-estimulatzeko, JRP formatua.
- DC, DTmin eta %DT supra-estimulatzeko, JRL, eta azpi-estimulatzeko JRM. PLmin eta %PL supra-estimulatzeko, JRP, azpi-estimulatzeko, JRL.
- DEL, DTmin eta %DT supra-estimulatzeko, PE eta JRL. eta erreplikatzeko JRM eta JRP. PLmin eta %PL supra-estimulatzeko, JRM.
- DL, DTmin eta %DT erreplikatzeko, joko-formatu guztiak. PLmin eta %PL supra-estimulatzeko, JRM, azpi-estimulatzeko, PE.
- MC, DTmin eta %DT azpi-estimulatzeko JRM, eta erreplikatzeko, PE, JRL eta JRP. PLmin eta %PL supra-estimulatzeko, JRP, azpi-estimulatzeko, PE, eta erreplikatzeko JRL eta JRM.

11. MUGAK



11. MUGAK

Atal honetan, egindako ikerketen mugei buruz hausnartzen da. Helburua da irakurleari horien berri ematea eta azterlan honen emaitzei buruzko literaturaren inguruko eztabaida aztertzen eta ulertzen laguntzea. Azterketaren mugen artean, hauek defini ditzakegu:

1. Entrenamendu-saioen eta lehiaketa-partiden erregistroen kopurua nahiko txikia izan zen. Era berean, azpimarratu behar dugu ikerketan jokalaria gehiago erabiltzeak, haien egoera fisikoari buruzko informazio gehiago izaten lagunduko ligukeela, baina futbol-talde erdiprofesional batetik sistematikoki informazioa lortzea ez da erraza. Futbol-talde erdiprofesionalen jokalarien kopuru handiago batekin eta grabazio gehiago eginez gero, jokalaria bakoitzari buruzko informazio gehiago lortuko litzateke, eta, beraz, bakoitzaren karga- eta neke-erlazio partikularrak ezarriko lirateke, jokalaria bakoitzari dagokion dosia eta TL tipologia bilatzeko.

2. Bestetik, oso interesgarria litzateke azterketa hau beste talde batzuekin ere egitea, baita gaitasun-maila desberdinak dituztenekin ere (adibidez, maila nazionala, autonomikoa edo eskualdekoa). Izan ere, ikerketak talde bakar batean egin ziren, eta baliteke lortutako emaitzak baldintzatuta egotea laginen berezitasunei, jokalariek zelaian duten kokapenei eta taldearen entrenamendu metodoei.

3. Azkenik, hirugarren mugak azkeneko ikerketan azterturiko aldagaiekin (DT eta PL) du zerikusia. Nahiz eta DT eta PL aldagaiak TL aztertzeko gehien erabiltzen diren aldagaiak izan, ikuspegi holistikoagoa eskainiko liguke beste aldagai batzuk kontuan hartzeak (adibidez, egindako azelerazio eta dezelerazioak, abiadura handian egindako distantzia, BM eta esfortzuaren pertzepzio subjektiboaren eskala). Izan ere, entrenamenduetako zereginetan jokalarien demarkazio bakoitza emandako erantzun fisikoak aztertzean barne- eta kanpo-entrenamenduko kargako hiru dimentsioak bermatu beharko genituzke.

12. ETORKIZUNEKO ILDOAK



12. ETORKIZUNEKO ILDOAK

TL txiki (desentrenamendua) eta handiegiek (gainentrenamendua) errendimendua jaitea eragiten duten neurrian, pertsonalizaturiko dosi egokiek egoera fisikoan eta errendimenduan hobekuntza nabarmenak eragiteko ahalmena dute, eta baita lesio-arriskua murrizteko ere. Era horretan, jokalaria bakoitzari dagokion dosia eta TL tipologia bilatzeko —hau da, bakoitzaren karga-eta neke-erlazio partikularrak ezartzeko—, lagin handiagoko ikerketak beharko lirateke.

Horregatik, etorkizuneko ikerketek arreta handiagoa jarri beharko liokete futbol denboraldi osoko demarkazio bakoitzerako joko-formatu ezberdinen eskaerak hobekiago ezagutzeari. Izan ere, hilabeteetan zehar astez aste errendimendu maximoa emateko, ezinbestekotzat hartzen dugu jokalariek entrenamendu-saioetan pilatzen dituzten kargak banakako lehiaketaren jarduera-profilera egokitzeiko entrenamenduetan erabiltzen diren joko-formatuen eskaerak ezagutzea eta nekearekin erlazionatzea.

TL ikertzeko erabiltzen diren aldagaien ildotik, demarkazio bakoitzerako DT eta PL aldagaiak bakarrik aztertu dira. Interesgarria litzateke hiru dimentsioak bermatzen dituen gutxieneko aldagaiak erabiltzea joko-formatuen analisisian. Azken finean, oso aberasgarria litzateke demarkazio bakoitzerako lehiaketa-profil partikularrera ondoen egokitzen diren aldagaiak erreplikatu, supra-estimulatu edo azpi-estimulatzeko zein joko-formatu aukeratu behar dugun jakitea. Modu horretan, jokalarien entrenamendu-prozesua optimizatu eta lehiaketan erakusten duten errendimendua maximizatuko dugu, eta ahal den neurrian, lesionatzeko arriskua murriztuko dugu.

ERANSKINAK



ERANSKINAK

Atal honetan, doktorego-tesi hau osatzen duten hiru artikuluen eranskinak agertzen dira. Eranskinen formatuak aldizkarietara bidali ditugun word artxiboen bertsioak dira.

1. LEHENENGO ARTIKULUA

Absolute and relative training load and its relation to fatigue in football

Unai Zurutuza, Julen Castellano, Ibon Echeazarra & David Casamichana

Frontiers Psychology, 2017, 8:878

Impact Factor (2017): 2.25 | Psychology (miscellaneous) | Q1.

Absolute and relative training load and its relation to fatigue in football

Running Title: Training Load and Fatigue in Football

U. Zurutuza^{1,2*}, J. Castellano¹, I. Echeazarra¹ & D. Casamichana³

¹Physical education and sport Department, Faculty of Education and Sport, University of Basque Country UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, Spain

²Physical Performance Department, SD Beasain, Spain

³Faculty of Physiotherapy and Speech Therapy Gimbernat-Cantabria University School associated with the University of Cantabria UC, Torrelavega, Spain

ABSTRACT:

The aim of the study was to assess the relationship of external and internal training load (TL) indicators with the objective and subjective fatigue experienced by 15 semiprofessional football players, over eight complete weeks of the competition period in the 2015–2016 season, which covered microcycles from 34th to 41st. The maximum heart rate (HR_{max}) and maximum speed (V_{max}) of all the players were previously measured in specific tests. The TL was monitored via questionnaires on rating of perceived exertion (RPE), pulsometers and GPS devices, registering the variables: total distance (TD), player load 2D (PL2D), TD at >80% of the V_{max} (TD80), TD in deceleration at < -2 m·sec⁻² (TDD < -2), TD in acceleration >2 m·sec⁻² (TDA >2), Edwards (ED), time spent at between 50 and 80% (50–80% HR_{max}), 80–90% (80–90% HR_{max}), and >90% of the HR_{max} (>90% HR_{max}), and RPE both respiratory/thoracic (RPE_{res}) and leg/muscular (RPE_{mus}). All the variables were analyzed taking into account both the absolute values accumulated over the week and the normalized values in relation to individual mean competition values. Neuromuscular fatigue was measured objectively using the countermovement jump test and subjectively via the Total Quality Recovery (TQR) scale questionnaire. Analytical correlation techniques were later applied within the general linear model. There is a correlation between the fatigue experienced by the player, assessed objectively and subjectively, and the load accumulated over the week, this being assessed in absolute and relative terms. Specifically, the load relative to competition correlated with the physical variables TD (-0.279), PL2D (-0.272), TDD < -2 (-0.294), TDA >2 (-0.309), and sRPE_{mus} (-0.287). The variables related to heart rate produced a higher correlation with TQR. There is a correlation between objectively and subjectively assessed fatigue and the accumulated TL of a player over the week, with a higher sensitivity being shown when compared to the values related to the demands of competition. Monitoring load and assessing fatigue, we are closer to knowing what the prescription of an adequate dose of training should be in order for a player to be as fresh as possible and in top condition for a match. Normalizing training demands with respect to competition could be an appropriate strategy for individualizing player TL.

Key words: team sports, training, physical load, physiological load, fatigue

1. Introduction

The main aim of training is to provide a stimulus which will optimise the player/team's performance during competition whilst minimising the negative consequences of that training such as lack of freshness, fatigue, over-training or injury (Gabbett et al., 2012). The load experienced by players in training and competition can provoke temporary metabolic, neuromuscular or mental fatigue (Campos and Toscano, 2014), reducing performance (Fessi et al., 2016) and increasing the possibility of injury to the player (Ehrmann et al., 2016). In fact, the inappropriate management of training loads is emerging as one of the main risk factors in no contact injuries (Soligard et al., 2016).

However, appropriate doses of stimulus could improve performance and protect against possible injury (Gabbett et al., 2016). It is therefore vitally important for physical fitness and sports technicians to determine the optimum quantity of training required for the player to continue improving his/her fitness or to maintain it without putting at risk their freshness, and to reduce the probability of injury, with a view to the maximisation of performance in competition.

By monitoring load (Akenhead et al., 2016), information can be obtained concerning the handling of its prescription to try to reduce, when appropriate, acute fatigue (thus improving freshness), so that performance does not decrease whilst avoiding placing the player at greater risk of injury (Gabbett, 2016). The search for an optimum relationship between load, fatigue-freshness and performance is no easy task, given that it concerns an individual process influenced by internal and external factors which are at times independent from the workload itself (Gabbett et al., 2012). In addition to knowing the external load placed on the players, it is necessary to discover how this affects each player (internal load) given that the same external load can have different repercussions in different players or even in the same player at different points in the season (Impellizzeri et al., 2005). Current scientific literature (Colby et al., 2014; Gaudino et al., 2013) presents different methods for controlling load levels (external and internal) in team sports players. That research used objective measurements such as GPS devices (Casamichana et al., 2013) or heart rate monitoring (HR) (Henderson et al., 2015), but also subjective measurements such as the rating of perceived exertion (RPE) (Los Arcos et al., 2014).

As a consequence of imposed load, the performance of a player is temporarily reduced due to the fatigue which is generated. Fatigue is defined as any decrease in muscular performance associated with muscular activity (Nédélec et al., 2012a). There is currently (Gastin et al., 2013) widespread use

of different methods (objective and/or subjective) to assess fatigue. To this effect, the procedure used repeatedly to objectively assess fatigue is a variety of vertical jumps, such as the countermovement jump test (CMJ) (Malone et al., 2015; McLean et al., 2010; Thorpe et al., 2015). Alternatively, subjective assessments of fatigue are done using questionnaires such as that of Hopper (Hooper and Mackinnon, 1995), variables associated to *Wellness* (Thorpe et al., 2016a), *Total Quality Recovery Scale* (Kenttä and Hassmén, 1998) o *The Profile of Mood State* (McNair et al., 1971).

There is an increasing tendency to study (Thorpe et al., 2016b) the relationships between the training load borne by players and the fatigue which this produces, in an attempt to find the optimum load with which to increase physical fitness, allowing the soccer players to be fresh for the match whilst avoiding loads which by default or excess put him/her at risk of injury.

Accumulated load values are usually assessed in absolute terms (Cross et al., 2016; Gabbett and Ullah, 2012). To date, no research has normalised the training load to the mean values of the player in competition. This would allow the comparison of the training load demand placed on the player with the demands of competition, which have shown a high inter-individual variability (Schuth et al., 2016).

To that end, the aim of this research is to study the relationship between external and internal training load indicators (TL), in absolute values and relative to competition, with respect to the fatigue experienced by semi-professional football players measured using objective and subjective values. The results of this research could increase knowledge about how to manage the load imposed on players with a view to adjusting its prescription in order to optimise physical performance in competition.

2. Material and Methods

2.1. Participants

A total of 15 semi-professional male football players (Defenders= 5, Midfielders= 8 and Forwards= 2, goalkeeper did not take part in the study) took part in the study (age = 25.2 ± 3.0 years; height = 177.8 ± 5.6 cm; weight = 76.9 ± 6.5 kg) percentage of body fat (Möhr y Johnsen, 1972) was $11.6 \pm 2.7\%$ from group IV of the third division in the Spanish League. The players did, on average, 3-4 weekly training sessions and played one official match every weekend. The Ethics Committee of

research with humans (CEISH) of the University of the Basque Country (UPV/EHU) gave its institutional approval of the study. In accordance with the protocol, before taking part in the study, all the players involved signed an informed consent form. Both the participants and the team's technical body were kept informed at all times about the procedure and possible risks and benefits of the study.

2.2. Training sessions and competition matches

All the training sessions and competition matches were monitored during the microcycles of the study. In total, 250 recordings were made in 20 training sessions (16.7 ± 3.6 per player) and 72 recordings from eight matches (4.9 ± 2.1 per player). The individual session or match recordings were grouped into microcycles, with a total of 69 weekly recordings (4.6 ± 1.3 per player). In order to calculate the mean value of the demands in competition, all the values were normalised to a 90 minute match (mean match duration recorded per player \pm DS).

2.3. Heart rate

In all the training sessions and competition matches heart rate (HR) was recorded via a short range telemetry system (Polar Team2 Pro System, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). The reliability of the devices used in this study has been reported in previous studies (Macleod, & Sunderland, 2012). To quantify the internal load from the HR the Edwards (Edwards, 1993) method was used. The Edwards method distributes the exertion of the HR in five different zones. Each zone has an established value (50-60% $HR_{max}= 1$, 60-70% $HR_{max}= 2$, 70-80% $HR_{max}= 3$, 80-90% $HR_{max}= 4$, 90-100% $HR_{max}= 5$) which are later added together.

To calculate the maximum HR for each player, a maximal progressive test was carried out on a treadmill with a HR monitor, beginning with a speed of 8 km/h^{-1} which was increased at a rate of 1 km/h^{-1} every minute until the point of physical exhaustion was reached (Graff, 2002). Furthermore, the minutes spent in each zone were taken into account in the following intensity ranges (Henderson et al., 2015): time spent between 50-80% of the maximum HR (50-80% HR_{max}), time spent between 80-90% of the maximum HR (80-90% HR_{max}); and time spent at more than 90% of the maximum HR (>90% HR_{max}).

2.4. Perceived exertion response

Once the training and/or match was finished, the players had to complete a subjective rating of perceived exertion (RPE). The RPE questionnaire used was a translation into Spanish of the Borg

scale of 0-10 points modified by Foster (Foster et al., 2001), adapted to distinguish between perceived respiratory/thoracic exertion (RPE_{res}) and the perceived exertion in legs/muscular (RPE_{mus}) (Los Arcos et al., 2014).

The players were able to respond with a plus symbol (for example 5+ means 5.5) next to the unit of assessment. The assessment was carried out 10 minutes after the end of the session or match (Ngo et al., 2011). Afterwards, the value obtained in each of the scales was multiplied by the duration of the session or match (including warm-up and rests or pauses, but excluding cool down) to obtain the following variables (sRPE_{res} and sRPE_{mus}).

2.5. Physical variables

The players' external load was monitored using GPS devices (Minimax S4, Catapult Innovations, Victoria, Australia, 2010) which function at a sampling frequency of 10 Hz and contain a 100 Hz triaxial accelerometer. The reliability and validity of the devices used in this study have been reported in previous studies (Castellano et al., 2011; Gale-Ansodi, Langarika-Rocafort, Usabiaga, & Castellano, 2016). The mean (\pm DS) number of satellites during data collection was 12.5 (\pm 0.6). The device was attached to the upper back of each player using a special harness. The GPS devices were activated 15 minutes before the start of each session or match, in accordance with the manufacturer's instructions. The data from the GPS devices was later downloaded to a PC to be analysed using the Sprint v5.1.4 software package (Catapult Innovations, Victoria, Australia, 2010).

The following physical variables were studied: (a) TD, total distance in m; (b) TD80, distance covered at more than 80% of maximum speed (V_{\max}) in m; (c) PL2D, player load 2D (in arbitrary units or AU); (d) TD80%, percentage of distance covered at more than 80% of V_{\max} (in %); (e) TDD $<$ -2, total distance in deceleration under -2 m/sec⁻² (in m); and (f) TDA $>$ 2, total distance in acceleration over 2 m/sec⁻² (in m).

2.6. Assessment of neuromuscular fatigue

To assess neuromuscular fatigue, as in previous work (McLean et al., 2010), a test was carried out (vertical bipedal jump with countermovement and with hands on hips) using the previously validated app *My Jump v.1* (Balsalobre-Fernández et al., 2015). The protocol followed is similar to that of Malone et al. (2015). Prior to the test the players did a standard warm up including a 5 minutes low speed run with dynamic exercises and two 20m progressions followed by three repeats of the jump.

The best value obtained in the 14 tests of the trial was used to calculate the maximum CMJ (CMJ_{max}) of each player. Furthermore, in each microcycle the level of absolute fatigue (FATabs) of each player was calculated by discovering the percentage of the value obtained by the player on the pre-match session day (always carried out 24 hours before the next match) with respect to the CMJ_{max} value. The following formula was used to calculate the absolute fatigue value: CMJ_{pre}/CMJ_{max} . To calculate relative fatigue (FATrel) the formula CMJ_{pre}/CMJ_{post} was used. This second fatigue value was calculated in order to know specifically whether the load accumulated in the week prior to the one studied had any repercussion on the freshness or objective fatigue of the player. The coefficient of variation (CV) for each of the CMJ tests was of between 0.0% and 7.7%.

2.7. Assessment of subjective fatigue

The subjective questionnaire *Total Quality of Recovery* (TQR) scale (Kenttä and Hassmén, 1998) was used as a subjective measurement to assess the fatigue suffered by the players. The questionnaire was given to the players 10 minutes before the start of training or pre-match warm-up. The players had to complete the TQR by answering the question "how recovered do you feel?" on a scale of 0 to 10, with 0 being rested and 10 extremely good recovery.

2.8. Procedure

This observational study was carried out during the competitive phase (March-April) of the 2015-16 season during the microcycles from 34° to 41°. All training and matches were monitored via pulsometers and GPS. Two of the microcycles were excluded from the analysis as not all of the sessions were present. Before beginning the trial, the players underwent a maximal progressive resistance test on a treadmill (in laboratory) to calculate the maximum HR of each player and a 40 metre speed test on the training ground whilst wearing the GPS devices. Furthermore, where higher values in peak speeds were detected, these were taken as the V_{max} of the player.

During the study period, performance in a CMJ test was recorded both on the first training day of the week (with a minimum of 48 hours with respect to competition) and the last (24 hours prior to the next competition). The test was always carried out indoors and the players previously familiarised with it. It was decided not to include the CMJ test for matches for two reasons - one was the lack of adequate facilities in away matches and the second was due to the difficulty in getting the players to carry out maximal tests on competition days, despite these having a low impact on fatigue. Furthermore, before beginning the first or the last training session of the week or pre-match warm-

up, the players completed the TQR questionnaire (TQRpost, TQRpre and TQRcomp, respectively). Finally, after the training session or match they completed the RPE questionnaire.

For the correlation analysis between load and fatigue, both the absolute values accumulated through the week and the accumulated values normalised to individual competition were used. The competitive reference values were obtained from the competitions recorded during the same trial. For this, the mean values of each player in competition were used as reference.

2.9. Statistical analysis

Starting from the relative values of the different physical, physiological and perception of exertion variables, correlation analysis techniques were implemented within the general linear model. The results are shown as mean and standard deviation (\pm SD). The Pearson correlation coefficient was calculated to determine whether there was a relationship, and if this was significant among the analysed variables. To interpret the results, threshold values for the Pearson correlation coefficient used by Salaj and Marckovic(2011) were used: low ($r \leq 0.3$), moderate ($0.3 < r \leq 0.7$) to high ($r > 0.7$). The statistical analysis was conducted using SPSS v.23 (IBM corp., Chicago, IL, U.S.A.). Significance level was fixed at 0.05 ($p < 0.05$).

3. Results

Table 1 shows the mean and \pm SD values for each of the variables obtained by the players in the matches played during the trial. It also shows the mean and (\pm SD) values of the load accumulated by microcycle, normalised to the demand of competition. It can be seen that in all the analysed variables, except that of TD80, the accumulated weekly load was higher than the mean load in competition (a value of 100% means that the demands of competition are repeated for this variable).

Table 1

Mean and standard deviation values (\pm SD) for the profile of the external and internal demand on the players in competition and of the weekly training load in percentage values with respect to the individual demands of competition.

Variables (units)	Competition demand (units)		Weekly training demand (%)	
	mean	\pm SD	mean	\pm SD
TD (m)	9061.5	935.5	151.4%	40.4%
TD80 (m)	99.9	66.7	48.7%	39.6%
PL2D (AU)	534.7	83.2	177.7%	45.6%
TDD<-2 (m)	220.3	49.5	145.5%	43.8%
TDA>2 (m)	303.6	66.1	157.7%	42.3%
ED (AU)	345.4	31.5	144.5%	46.3%
>90%HRmax (min)	17.7	13.3	112.2%	122.6%
80-90%HRmax (min)	39.6	8.8	102.6%	38.6%
50-80%HRmax (min)	25.4	13.9	693.8%	478.0%
RPEres (AU)	6.5	1.2	177.9%	56.4%
RPEmus (AU)	6.8	1.3	167.2%	46.4%
sRPEres (AU)	581.9	103.9	165.1%	59.6%
sRPEmus (AU)	611.3	114.7	158.3%	48.3%

Note: TD is total distance, PL2D is two dimension player load, TD80 is TD at more than 80% of the maximum speed (V_{max}), TDD<-2 is TD in deceleration below -2 m/sec^2 , TDA>2 is TD in acceleration above 2 m/sec^2 , ED is Edwards, 50-80%HRmax is the time spent between at 50-80% of the HR_{max} , 80-90%HRmax is the time spent between 80-90% of the HR_{max} , >90%HRmax is the time spent at more than 90% of the HR_{max} , RPEres is the perceived exertion response (respiratory/thoracic), RPEmus is the perceived exertion response (leg/muscular), sRPEres is the perceived exertion response (respiratory/thoracic) multiplied by the minutes in the session, and sRPEmus is the perceived exertion response (leg/muscular) multiplied by the minutes in the session.

Table 2 shows the values obtained in the different CMJ tests carried out during the trial together with assessment of neuromuscular fatigue (FATabs and FATrel) and the subjective assessments of the state of fatigue (TQRpost, TQRpre and TQRcomp). As it can see when TQR scale are closed to the matches the values of subjective fatigue are higher, that is, player finished the week with better wellness.

Table 2

Mean and standard deviation values (\pm SD) of the objective and subjective fatigue variables.

	CMJpost	CMJpre	CMJmax	FATabs	FATrel	TQRpost	TQRpre	TQRcomp
	(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(AU)	(AU)	(AU)
Mean	34.8	34.7	37.4	0.93	0.99	7.34	7.44	7.91
\pm SD	3.6	3.6	3.4	0.04	0.05	1.80	1.26	1.25

Note: CMJpost is countermovement jump carried out post-competition, CMJpre is countermovement jump carried out pre-competition, CMJmax is the maximum value of countermovement jump obtained in the trial, FATabs is absolute fatigue, FATrel is relative fatigue, TQRpost is the TQR questionnaire completed on the first day of training, TQRpre on the day before competition and TQRcomp done on match day.

Table 3 shows the correlations between objective fatigue with the 13 load variables studied, both in absolute values and relative to the competitive demand for each player. The values show that the objectively measured fatigue (FATabs and FATrel) correlated only with some of the internal and external load variables, when the load was assessed in absolute and relative terms. Among the physical variables, only TDA >2 is moderately correlated with the FATabs variable, while the other variables that are significantly correlated with FATabs present low correlations. There were higher correlations between relative values of the match demands than when were used absolute values. Subjective assessment of fatigue (TQRpre and TQRcomp) obtained correlations in a moderate range and were significantly high ($p < 0.01$) for the three heart rate variables.

Table3

Values of the Pearson correlations of the objective absolute (FATabs), relative (FATrel) and subjective fatigue variables on the day before (TQRpre) and on competition day (TQRcomp) in relation to the accumulated weekly values of the absolute load variables and those relative to competition.

Variables	FATabs		FATrel		TQRpre		TQRcomp	
	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs
TD	-.279*	-.234	-.233	-.186	-.046	-.079	-.190	-.199
PL2D	-.272*	-.153	-.192	-.095	.000	.233	-.144	.015
TD80	-.178	-.221	-.161	-.277*	-.034	.016	.095	.055
TDD<-2	-.294*	-.278*	-.251	-.241	-.029	-.089	-.135	-.234
TDA>2	-.309*	-.283*	-.227	-.234	-.036	-.154	-.134	-.250
ED	-.170	-.138	-.123	-.129	.195	.215	.075	.109
>90%HRmax	.074	.042	.079	-.067	.233	.436**	.193	.288*
80-90%HRmax	.031	-.072	.007	-.033	.350**	.081	.337*	.164
50-80%HRmax	.061	-.302*	-.090	-.219	.114	-.186	.146	-.268*
RPEres	-.039	-.085	-.045	.096	.022	-.039	.051	.101
RPEmus	-.186	-.176	-.086	-.057	-.021	-.164	-.052	-.163
sRPEres	-.166	-.214	-.141	-.012	-.037	-.096	-.032	.021
sRPEmus	-.287*	-.283*	-.174	-.146	-.086	-.215	-.120	-.226

Note: TD is total distance, PL2D is player load 2D, TD80 is TD at more than 80% of maximum speed (V_{max}), TDD<-2 is TD in deceleration below -2 m/seg^{-2} , TDA>2 is TD in acceleration above 2 m/seg^{-2} , ED is Edwards, >90%HRmax is the time spent at more than 90% of the HR_{max} , 80-90%HRmax is the time spent between 80-90% of the HR_{max} , 50-80%HRmax is the time spent between 50-80% of the HR_{max} , RPEres is the perceived exertion response (respiratory/thoracic), RPEmus is the perceived exertion response (leg/muscular), sRPEres is the perceived exertion response (respiratory/thoracic) multiplied by the minutes in the session, and sRPEmus is the perceived exertion response (leg/muscular) multiplied by the minutes in the session.

4. Discussion

The aim of this research was to study the relationship between the training load, from external and internal indicators, and the objective and subjective assessment of fatigue in semi-professional football players. This is the first piece of work which relates the load placed on semi-professional footballers in terms relative to the demands of competition with the fatigue accumulated in each microcycle of the competitive period, calculated using an objective CMJ test and also via the subjective perception of recovery quality (TQR).

The main results of the study can be summarised as follows: 1) normalising training demands with respect to competition could be an appropriate strategy for individualising player training load, 2)

both the use of objective (from CMJ) and subjective (from TQR) fatigue indicators proved to be related to the load borne by players in the weekly microcycle.

The application of this procedure of individually monitoring training load and fatigue in players can be applied to load adjustment for each of the variables. The aim would be, on the one hand, to avoid players being fatigued on match-day, and on the other hand, to increase the status of training among players, optimising physical fitness and thus being able to give maximum performance on competition day. Previous studies (Akenhead et al., 2016; Casamichana et al., 2013; Colby et al., 2014; Gabbett, 2016; Gabbett et al., 2016; Gastin et al., 2013; Gaudino et al., 2013; Henderson et al., 2015; Impellizzeri et al., 2005; Los Arcos et al., 2014; Malone et al., 2015; Mclean et al., 2010; Nédélec et al., 2012b; Thorpe et al., 2015) have analysed the load placed on players in training and matches, but none have compared the load accumulated by the players in a training microcycle normalised to the physical demands of competition, despite being a practice used by elite teams as a means of *training status* (Akenhead and Nassis, 2016).

The decision to take the physical demands of competition as an individual reference is due to the probability that similar doses of training (absolute load) do not suppose the same percentage in relation to that which competition demands of each player (% of the match). This is not only because of differences in imposed demands on the players depending on their position on the pitch (Di salvo et al., 2007), but also due to inter-individual variations (Castellano and Blanco-Villaseñor, 2015; Impellizzeri et al., 2005) even among those playing in the same position. To consider only the demands of training in absolute values could lead to inappropriate decisions being taken in the prescription of training load, over-stimulating certain variables in some players whilst other players may not be sufficiently stimulated in relation to the values of some variables in competition.

This gives rise to a new hypothesis regarding the need to individualise the variables which can affect a player's fatigue or recovery, which will require further research. It is known that each player assimilates loads in a different way, due to his/her past and present characteristics (Impellizzeri et al., 2005), which provokes a particular state of fatigue which could be conditioned by the type of demand variable (e.g. those related to speed, acceleration/deceleration or metabolic system). That is why it is essential to individualise training as far as possible in order to strengthen collective training and thus optimise competition performance.

In order to normalise the weekly load, in this work it was decided to take as a reference the mean values of each player in competition, whilst being aware that these competition demands present a moderate-elevated variability (Castellano and Blanco-Villaseñor, 2015) in response to numerous situational variables such as place, current score or the quality of the teams (Castellano et al., 2011). All of these could provoke a demand on the players at specific times which is higher than the estimated match average.

However, the quantity of load placed on the players should be conditioned by what they are able to assimilate, in order not to avoid over-training or increasing the probability of injury (Gabbett, 2016). To avoid unwanted negative effects from the load, it is necessary to study the player's accumulated fatigue. Special attention is currently being paid (Gabbett and Ullah, 2012; McLean et al., 2010) to the assessment of neuromuscular fatigue via a simple and objective vertical jump test (i.e. CMJ).

Assessment of neuromuscular fatigue from CMJ may not be sensitive when the aim is to compare acute fatigue from a football training session (difference in a test of jump over height reached in pre with respect to post-training (Malone et al., 2015) perhaps because football training usually involves multidimensional demands (Gaudino et al., 2015). In our research, the neuromuscular fatigue measured with CMJ was sensitive to the different percentages of load borne by the players during the training week.

Along the same lines, Gathercole (Gathercole et al., 2015) in his study found significant correlations between different microcycles for the CMJ variable which measures neuromuscular fatigue. Although more research is needed, assessment of neuromuscular fatigue via CMJ, or other tests, could be a useful tool for adjusting optimum training load, by which the technical team could ensure that their players are fresh when they come to compete.

This innovative study has also analysed variables connected to accelerations and decelerations in which correlations with fatigue have also been found. To be more specific, the variables related to the neuromuscular dimension (PL and accelerations and decelerations) showed a greater sensitivity (correlation) with this objective jump test.

The use of questionnaires such as the TQR has allowed us to discover the player's degree of subjective recovery at the end of the microcycle, which provides information on the fatigue generated in the player during the week. Despite there being practically no differences in the TQRpost with respect to

the end of the week (TQRpre), it is worth pointing out that in the variables related to heart rate, and therefore the cardiovascular energy system, it was the TQR questionnaire which showed a higher sensitivity to the changes.

This suggests that it may be interesting to consider that just as different dimensions of training load are monitored, it could be relevant to have various tools available with which to assess the state of player fatigue or recovery, which would deal with different dimensions of the fatigue generated.

One of the limitations of the study was the relatively low number of recordings of training session load and match load. A higher number of recordings would have provided more information about each player and therefore established particular load-fatigue relationships for each one, in the search for the adequate dose and typology of training load for each player.

We should also highlight that using a higher number of players in the study, apart from providing information about their physical condition, would have shown how far players with different ability or fitness present a particular load-recovery relationship. This would thus allow attention to be paid to the capacity for bearing load and/or being fresher in competition or having better recovery after the match (Rabbani and Buchheit, IN PRESS).

Finally, it should also be underlined that the reduced sample group did not allow the incorporation of variables with which to differentiate the players who played a match in the week prior to the studied microcycle. It is probable that different states of recovery at the beginning of the week could have conditioned some of the results of this work.

5. Practical applications

With the information obtained from the monitoring of training load and assessment of fatigue (objective and subjective), we are closer to knowing what the prescription of an adequate dose of training should be in order for a player to be as fresh as possible and in top condition for a match.

6. Conclusion

The main conclusion of this study is that in those microcycles where the players accumulated a greater training load or high values in the load indicators normalised to those demanded in competition, the players showed a higher level of neuromuscular fatigue, measured with CMJ. However, the players were able to recover practically the same CMJ values (measured with the FATrel) as at the beginning of the week prior to competition. This research provides a better understanding of the load-fatigue relationship with respect to competition demands. Information about external objective load (distance, speed and acceleration/deceleration), internal objective load (HR) and internal subjective load (RPE) on the one hand, and the objective (CMJ) and subjective (TQR) indicators for fatigue assessment on the other, can help trainers to better understand and adequately manage training status and player freshness throughout the training process. Finally, it would be necessary to know whether the load borne by the players in the weekly training process maintains or improves their fitness, and thus discover whether management of the load-fatigue binomial produces an improvement in the players' physical performance.

Acknowledgments

The authors would like to thank SD Beasain Football Club and players for their cooperation in this study. In addition, we gratefully acknowledge the support of the Spanish government project “*The role of physical activity and sport in the promotion of healthy lifestyle habits: the evaluation of sport behavior using non-intrusive methods*” during the period 2016-2018 [Grant number DEP2015-66069-P, MINECO/FEDER, UE].

REFERENCES

- Akenhead, R., and Nassis, G.P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 11(5), 587–593. doi: 10.1123/ijsp.2015-0331.
- Akenhead, R., Harley, J.A., and Tweddle, S.P. (2016). Examining the external training load of an English Premier League football team with special reference to acceleration. *J. Strength Cond. Res.* 30(9), 2424–2432. doi: 10.1519/JSC.0000000000001343.
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., and Lockey, R.A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J. Sports Sci.* 33(15), 1574–9. doi: 10.1080/02640414.2014.996184.
- Campos, M.A., and Toscano, F.J. (2014). Monitorización de la carga de entrenamiento, la condición física, la fatiga y el rendimiento durante el microciclo competitivo en fútbol. *Fútbolpf: Revista de Preparación física en el Fútbol.* 12, 23–36.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Roman, J., and Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 27(2), 369–374. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182548af1.
- Castellano, J., and Blanco-Villaseñor, A. (2015). Análisis de la variabilidad de desplazamiento de futbolistas de élite durante una temporada competitiva a partir de un modelo mixto multivariable. *Cuadernos de Psicología del Deporte.* 15(1), 161–8.
- Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., and Álvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *Int. J. Sports Med.* 32(6), 415–421. doi: 10.1055/s-0031-1271771.
- Castellano, J., Casamichana, D., Calleja-González, J., San Román J., and Ostojic, S. (2011). Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise. *J. Sports Sci. Med.* 10(1), 233–4.
- Colby, M.J., Dawson, B., Heasman, J., Rogalski, B., and Gabbett, T.J. (2014). Accelerometer and gps-derived running loads and injury risk in elite australian footballers. *J. Strength Cond. Res.* 28(8), 2244–2252. doi: 10.1519/JSC.0000000000000362.
- Cross, M.J., Williams, S., Trewartha, G., Kemp, S.P., and Stokes, K.A. (2016). The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 11(3), 350–5. doi: 10.1123/ijsp.2015-0187.

- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon, F.J., Bachl, N., and Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Sports Med.* 28(3), 222–7. doi: 10.1055/s-2006-924294.
- Edwards, S. (1993). *High performance training and racing*. In: Edwards S, ed. *The Heart Rate Monitor Book*. 8th ed. Sacramento, CA: Feet Fleet Press; 113–23.
- Ehrmann, F.E., Duncan, C.S., Sindhusake, D., Franzsen, W.N., and Greene, D.A. (2016). GPS and injury prevention in professional soccer. *J. Strength Cond. Res.* 30(2), 360–7. doi: 10.1519/JSC.0000000000001093.
- Fessi, M.S., Zarrouk, N., Di Salvo, V., Filetti, C., Barker, A.R., and Moalla, W. (2016). Effects of tapering on physical match activities in professional soccer players. *J. Sports Sci.* 34(24), 2189–2194. doi: 10.1080/02640414.2016.1171891.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., et al. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J. Strength Cond. Res.* 15(1), 109–115.
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br. J. Sports Med.* 50(5), 273–280. doi: 10.1136/bjsports-2015-095788.
- Gabbett, T. J., and Ullah, S. (2012). Relationship between running loads and soft-tissue injury in elite team sport athletes. *J. Strength Cond. Res.* 26(4), 953–960. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182302023.
- Gabbett, T. J., Hulin, B. T., Blanch, P., and Whiteley, R. (2016). High training workloads alone do not cause sports injuries: how you get there is the real issue. *Br. J. Sports Med.* 50(8), 444–5. doi: 10.1136/bjsports-2015-095567.
- Gabbett, T.J., Jenkins, D.G., and Abernethy, B. (2012). Physical demands of professional rugby league training and competition using microtechnology. *J. Sci. Med. Sport.* 15(1), 80–6. doi: 10.1016/j.jsams.2011.07.004.
- Gale-Ansodi, C., Langarika-Rocafort, A. Usabiaga, O. & Castellano, J. (2016). New variables and new agreements between 10Hz global positioning system devices in tennis drills. *J. Sport. Eng. Tech.* DOI: 10.1177/1754337115622867.
- Gastin, P. B., Meyer, D., and Robinson, D. (2013). Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite Australian football. *J. Strength Cond. Res.* 27(9), 2518–2526. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827fd600.

- Gathercole, R., Sporer, B., and Stellingwerff, T. (2015). Countermovement Jump Performance with Increased Training Loads in Elite Female Rugby Athletes. *Int. J. Sports Med.* 36(9), 722–8. doi: 10.1055/s-0035-1547262.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Strudwick, A. J., Atkinson, G., and Gregson, W. (2013). Monitoring Training in Elite Soccer Players: Systematic Bias between Running Speed and Metabolic Power Data. *Int. J. Sports Med.* 34(11), 963–8. doi: 10.1055/s-0033-1337943.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Strudwick, A. J., Hawkins, R. D., Alberti, G., Atkinson, G. et al. (2015). Factors influencing perception of effort (session-RPE) during elite soccer training. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 10(7), 860–4. doi: 10.1123/ijsp.2014-0518.
- Graff, K.-H. (2002). *Ergometrische Untersuchungen*. In: Clasing D, Siegfried I, eds. Sportärztliche Untersuchung und Beratung. Spitta Verlag GmbH & Co. KG; 38–46.
- Henderson, B., Cook, J., Kidgell, D. J., and Gatin, P.B. (2015). Game and Training Load Differences in Elite Junior Australian Football. *J. Sports Sci. Med.* 14(3), 494–500.
- Hooper, S. L., and Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes. *Sports Med.* 20(5), 321–7.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., and Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J. Sports Sci.* 23(6), 583–592. doi: 10.1080/02640410400021278.
- Kenttä, G., and Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med.* 26(1), 1–16.
- Los Arcos, A., Martínez-Santos, R., Yanci, J., Martín, J., and Castagna, C. (2014). Variability of objective and subjective intensities during ball drills in youth soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 28(3), 752–7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a47f0b.
- Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., and Gorostiaga, E.M. (2014). Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 28(11), 3280–8. doi: 10.1519/JSC.0000000000000540.
- Macleod, H., and Sunderland, C. (2012). Reliability of the physiological and metabolic responses to a field hockey specific treadmill protocol for elite female players. *J. Sports. Med. Phys. Fitness*, 52(4):351-8.
- Malone, J. J., Murtagh, C. F., Morgans, R., Burgess, D. J., Morton, J. P., and Drust, B. (2015). Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle

in elite youth soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 29(3), 752–7. doi: 10.1519/JSC.0000000000000701.

McLean, B. D., Coutts, A. J., Kelly, V., McGuigan, M. R., and Cormack, S.J. (2010). Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 5(3), 367–383.

McNair, P., Lorr, M., and Drappelman, L. (1971). *Manual for the Profile of Mood States*. San Diego, CA: Education and Industrial Testing Services.

Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., and Dupont, G. (2012a). Recovery in soccer: Part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Med.* 42(12), 997–1015. doi: 10.2165/11635270-000000000-00000.

Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., and Dupont, G. (2012b). Recovery in soccer: Part II - recovery strategies. *Sports Med.* 43(1), 9–22. doi: 10.1007/s40279-012-0002-0.

Ngo, J. K., Tsui, M. C., Smith, A. W., Carling, C., Chan, G. S., and Wong, D. P. (2011). The effects of man-marking on work intensity in small-sided soccer games. *J. Sports Sci. Med.* 11(1), 109–114.

Rabbani, A., and Buchheit, M. (2016). Ground travel-induced impairment in wellness is associated with fitness and travel distance in young soccer players. *Kinesiology.* 48(2), 200–6. Retrieved from <http://hrcak.srce.hr/17050>.

Salaj, S., and Marckovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *J. Strength Cond. Res.* 25(5), 1249–1255. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181da77df.

Schuth, G., Carr, G., Barnes, C., Carling, C., and Bradley, P. S. (2016). Positional interchanges influence the physical and technical match performance variables of elite soccer players. *J. Sports Sci.* 34(6), 501–8. doi: 10.1080/02640414.2015.1127402.

Soligard, T., Schweltnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, P. et al. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br. J. Sports Med.* 50(17), 1030–1041. doi:10.1136/bjsports-2016-096581.

- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., and Gregson, W. (2015). Monitoring fatigue during the in-season competitive phase in elite soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 10(8), 958–964. doi: 10.1123/ijsp.2015-0004.
- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., and Gregson, W. (2016a). The influence of changes in acute training load on daily sensitivity of morning-measured fatigue variables in elite soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 5, 1–23. doi: 10.1123/ijsp.2016-0433.
- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., and Gregson, W. (2016b). Tracking morning fatigue status across in-season training weeks in elite soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 11(7), 947–952. doi: 10.1123/ijsp.2015-0490.

2. BIGARREN ARTIKULUA

Selecting training-load measures to explain variability in football training games

Unai Zurutuza, Julen Castellano, Ibon Echeazarra, Ibai Guridi & David Casamichana

Frontiers Psychology, 2020, 10:2897

Impact Factor (2018): 2.39 | Psychology (miscellaneous) | Q1.

Selecting training-load measures to explain variability in football training games

Running Title: Training Load-Variability

U. Zurutuza^{1,2*}, J. Castellano¹, I. Echeazarra¹, I. Guridi¹ & D. Casamichana³

¹Physical education and sport Department, Faculty of Education and Sport, University of Basque Country UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, Spain

²Physical Performance Department, SD Beasain, Spain

³Faculty of Physiotherapy and Speech Therapy Gimbernat-Cantabria University School associated with the University of Cantabria UC, Torrelavega, Spain

ABSTRACT:

The purpose was to study the structure of interrelationships among external (eT) and internal (iT) training intensity metrics and how these vary depending on different game formats in soccer. The variables were collected from 16 semi-professional players in seven types of small, medium, large-sided and simulate games. eT variables were (per min): velocity peak (Vmax), total distance (TDmin) and distance covered at range lower than 60% (D<60%min), between 60 and 80% (D>60%min) and higher than 80% (D>80%min) of the maximal velocity, player load (PLmin), distance covered accelerating at the range higher 2 m·s⁻² (Daccmin), and decelerating at the range lower than -2 m·s⁻² (Ddecmin). iT variables were: Edwards arbitrary units (EDWmin) and time spend at range higher than 80% of the maximal heart rate (T>80%HRmin). All game formats were represented by three principal components (PC), explaining from 66.9 to 76.0% of the variance. The structure of interrelationships among variables involved similar distribution in the PC that are related to energetic production systems, such as strength/neuromuscular (PLmin and/or Daccmin and Ddecmin, complemented with DTmin and D<60%min), endurance/cardiovascular (EDWmin) and velocity/locomotors (Vmax, D>60%min or D>80%min). A particular combination of external and internal intensity measures is required to describe training load of game formats.

Key words: team sport; time motion; heart rate; small-sided game; principal component analysis (PCA)

1.Introduction

Research from a mixed methods approach give us the challenge to combine and integrate quantitative and qualitative data in the same study (Anguera et al., 2018). Although this approach it is not new, continues to attract increasing attention. Recently, it has been applied in sports contexts in order to explain the behaviour of football players (Maneiro and Amatria, 2019; Maneiro et al., 2019) or teams (Diana et al., 2017).

Football players are subject to different types and amounts of load during training sessions, with the aim of optimizing their performance (Graham et al., 2018) in competition and reducing, as far as possible, the risk of injury (Gabbett, 2016). For this reason, monitoring the training load in a systematic way is a key aspect to be able to plan and intervene on the quantity, quality and appropriate order of the training process, with aim of maximizing its efficiency (Impellizzeri et al., 2005). The evaluation of the training load in general, and specifically the one of the underlying training tasks are indispensable both in terms of optimizing the players' conditional performances (avoiding under or over-training through conditions which are very different from those of matches), and preventing overtraining and injuries (Sangnier et al., 2018).

The reduced games are sport motor situations (Parlebas, 2001), which include most of the factors that intervene in the 'real' game in an adaptable way (Renshaw, 2009). An important part of the content of football training is related to the tasks played, e.g. small (SSG), medium (MSG) and large-sided games (LSG) (Little, 2009). The pitch dimensions of interaction in the task proposals affecting quality and quantity in the driving behaviour of players, which have detected significant differences in the game. The individual space of interaction (ISI) is an important variable to consider in the design of tasks for training in soccer. There is extensive literature that supports the hypothesis that different game formats demand particular patterns of movement, provoking a specific response in players and their acute and chronic effects on physical condition (Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri and Coutts, 2011; Aguiar, Botelho, Gonçalves and Sampaio, 2013; Sgrò et al., 2018). Nevertheless, due to multiple conditional demands of the SSGs, there is no consensus about what variables represent better those demands.

Recent research studies (Weaving et al., 2017a, 2017b and 2018) support the idea that a single training load variable is not enough to capture a significant proportion of the variety provided by multiple

load variables. For this reason, it is usually decided to use a multitude of variables, e.g. global load indicators or intensity variables to describe the demands and the response provoked in the players during training and/or competition (Akenhead and Nassis, 2016). However, managing a multitude of variables is not very efficient (provoking, in some cases, redundancy in the information reported), so that the physical practitioner can carry out a thorough follow-up and control of the stimulus provoked to the players, which makes it necessary to use strategies that allow managing the minimum amount of variables necessary to have the essential information (Williams et al., 2016).

Trying to reduce redundancy (Casamichana et al., 2019), one of the strategies recently proposed in rugby (Weaving et al., 2017a) for workload monitoring of different training modes; or in basketball (Casamichana and Castellano, 2015), for comparing (to compare) the differences among players' position, is related to with the implementation of principal component analysis (PCA). The use of this analytical technique would allow to know if we are using redundant information, e.g. variables that provide the same information about the load or the intensity implied by the practice of the tasks played (Casamichana and Castellano, 2015).

PCA is based on a systematic process that allows reducing the number of variables to attend, minimizing the loss of information associated with that process gives a systematic process. Currently, more information is required in order to know how physical and physiological variables are related in different game formats or simulated games, which would allow to fine-tune the selection of variables necessary to provide all the information needed by preparers to design and control the stimuli demanded from the players.

In this way, the purpose of the current study was to investigate the structure of interrelationships between the external and internal training intensity variables and determine how they vary between different types of small, medium and large-sided games (e.g., from 3vs3 to 10vs10). Considering hypothetical results, if different training tasks involve no similar physical demands, it could help coaches to design tasks where players can replicate the demands that probably will be required during games.

2. Material and Methods

2.1. Participants

A total of 23 semi-professional male football players took part in the study, due availability of the number of devices, collecting information related to 16 of them (age = 25.1 ± 3.7 years; height = 178.3 ± 5.0 cm; weight = 74.6 ± 7.9 kg; percentage of body fat obtained with the Möhr formula = $10.8 \pm 2.2\%$) from group IV of the third division in the Spanish League. Players completed, on average, 3-4 weekly training sessions and played one official match every weekend. Before taking part in the study, all the players involved signed an informed consent form. Participants and the team's technical staff were informed about the procedure and possible risks and benefits of the study. Furthermore, the procedures used in this project were in accordance with the Declaration of Helsinki and the Ethics Committee of the University of the Basque Country (UPV/EHU) which also gave its institutional approval of the study.

2.2. External intensity variables

The following external variables were studied: velocity peak (V_{max}), total distance (DT_{min}) and distance covered at range lower than 60% ($D < 60\%_{min}$), between 60 and 80% ($D > 60\%_{min}$) and higher than 80% ($D > 80\%_{min}$) of the maximal velocity of each player, player load (PL_{min}), covered distance accelerating at the range higher $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ($D_{acc} > 2_{min}$), and decelerating at the range lower than $-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ($D_{dec} < -2_{min}$). Except the variable of V_{max} , the rest of the measures were relativized and expressed in minutes of practice. All these external variables are related to locomotor (distance and velocity) and neuromuscular (acceleration/deceleration) dimensions.

2.3. Internal intensity variables

In all training sessions HR was recorded by a short range telemetry system (Polar Team2 Pro System, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Edwards method was used (EDW_{min}) to quantify the internal load from the HR (Edwards, 1993). This method distributes the exertion of the HR in five different zones. Each zone has a value associated ($50-60\% \text{ HR}_{max} = 1$, $60-70\% \text{ HR}_{max} = 2$, $70-80\% \text{ HR}_{max} = 3$, $80-90\% \text{ HR}_{max} = 4$, $90-100\% \text{ HR}_{max} = 5$) which are later added together. The second variable was time spent at range higher than 80 % of the maximal HR ($T > 80\% \text{ HR}_{min}$), similar to the one proposed by Henderson and colleagues (Henderson et al., 2015).

To calculate the maximum HR for each player, a maximal progressive test was carried out on a

treadmill with a HR monitor, beginning at velocity of $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, increased at a rate of $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ every minute until the point of physical exhaustion was reached (Graff, 2002). All HR based measures are related to endurance dimension.

2.4. Assessment of small-sided, medium-sided, large-sided and simulated games

Eight game formats were used in this study, involving different number of players per team, always with goalkeeper and official football eleven-a-side goals. The players did not have any technical or tactical limitations during the performance of the SSG. Considering the duration of the tasks, number of bouts and dimension of the field, the eight game formats were grouped in four type of training tasks: 3vs3 as small-sided games (SSG), 4vs4, 5vs5, and 6vs6 as medium-sided games (MSG), 7vs7, 8vs8, and 9vs9 as large-sided games (LSG) and 10vs10 as simulated games (SG), having the constraints that appear in the Table 1.

Table 1

Description of the features of the four groups of training tasks: small-sided games (SSG), medium-sided games (MSG), large-sided games (LSG) and simulated games (SG).

Formats	Players per team (n)	Records (n)	Pitch size (m^2 per player)	Number of bouts (n)	Duration of bouts (min:sec)
SSG	3	25	≈ 84	4	$\approx 3:30$
	4	216	≈ 132	3	$\approx 3:00$
MSG	5	238	≈ 105	4	$\approx 5:00$
	6	28	≈ 130	4	$\approx 6:30$
LSG	7	26	≈ 247	2	$\approx 17:00$
	8	60	≈ 272	3	$\approx 13:00$
	9	44	≈ 235	2	$\approx 15:00$
SG	10	61	≈ 300	2	$\approx 19:00$

2.5. Procedures

This observational study was carried out during seven consecutive micro cycles (from 30 to 37) of a competitive period (from February to April) of the 2016-17 season. The specific observational design (Anguera et al., 2011) employed was: Point (without intersessional follow-up), Multidimensional (analysis of internal and external load), and nomothetic (focus on several players).

All training sessions were monitored by heart rate sensors and GPS devices. Before beginning the study, the players underwent a maximal progressive resistance test on a treadmill (in laboratory) to calculate the maximum heart rate (HR) of each player and a 40 meter velocity test on the training ground provided whilst wearing the GPS devices to measure the individual peak velocity (V_{max}) (Roe et al., 2017). In total, 698 recordings were collected in 16 training sessions (43.6 ± 12.1 per player). The quality of the signal of the GPS devices was assessed: the mean (\pm sd) number of satellites during data collection was $12.5 (\pm 0.6)$ (Castellano et al., 2011).

Physical demands were measured using a portable GPS device operating at a sampling frequency of 10 Hz, which contains a 100 Hz triaxial accelerometer (Minimax v.4.0, Catapult Innovations Victoria, Australia). The device was attached to the upper back of each player using a special harness. The GPS devices were activated 15 minutes before the start of each session or match, in accordance with the manufacturer's instructions. Collected data from the Minimax S4 and PolarTeam2 devices were downloaded to a PC, to be analysed using the Sprint v5.1.4 software package (Catapult Innovations, Victoria, Australia, 2010).

The validity and reliability of this technology has been previously demonstrated as a valid way of monitoring different speeds' ranges (Johnston et al., 2014). The internal response was assessed on the basis of HR (Alexandre et al., 2012), which was recorded every five seconds using a telemetric device (Polar Team Sport System, Polar Electro Oy, Finland). All the players were familiarized with the use of both GPS and HR monitors before to starting the study.

2.6. Statistical analysis

Descriptive statistics data from training games were presented by mean and standard deviation (\pm sd). Additionally, magnitude-based inferences were used to analyse the data, based on the recommendations of Batterham and Hopkins (Batterham and Hopkins, 2006). Differences between SSG, MSG, LSG and SG were assessed via standardized mean differences (Cohen's d , and confidence limits at the 90%). The interpretation thresholds for standardized effect size (ES) were as follows (Batterham and Hopkins, 2006): <0.2 (trivial), $0.2-0.6$ (small), $0.6-1.2$ (moderate), $1.2-2.0$ (large) and >2.0 (very large).

Before carrying out Principal component analysis (PCA), the Pearson correlation matrix with ten training external and internal intensity variables was conducted in order to perform a visual inspection

of data factorability (Tabachnick and Fidell, 2007). This method aims to extract the most important components and/or variables from data, without reducing the information. The Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) method was used to verify whether the 10 external load variables were suitable for PCA, i.e., .0.5 (Kaiser, 1960). The KMO values for the four game formats were 0.54, 0.516, 0.514 and 0.522, for SSG, MSG, LSG and SG respectively, showing that the dataset is suitable for PCA. Bartlett's sphericity test was significant for each training mode ($p < 0.001$). The principal axis method was used to extract the components. Components with the eigenvalues of less than 1 were not retained for extraction (Kaiser, 1960).

The PCA was applied with a VariMax rotation to identify components that are not highly correlated. Subsequently, the rotation was performed with the goal of making the 9*1 component loadings more easily interpretable. The stages involved in the calculation for PCA were the same as those used previously (Weaving et al., 2014). Following the methods of Weaving and colleagues (Weaving et al., 2014) for each extracted PC, only the original variables that possessed a PC loading greater than 0.7 were retained for interpretation.

Finally, the correlation between external and internal load variables was measured for each game format. Following to Hopkins, these qualitative correlation descriptors were used: trivial (0-0.09), small (0.1-0.29), moderate (0.3-0.49), large (0.5-0.69), very large (0.7-0.89), nearly perfect (0.9-0.99), and perfect (1) (Hopkins, 2000). The Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, Version 24.0 for Windows; SPSS Inc, Chicago, IL) and JASP version 0.7.5 (Love et al., 2015) were used to conduct the analysis.

3. Results

The mean and standard deviation of each physical measures and HR derived variables recorded in the eight types of format games are showed in the Table 2. There were significant differences among game formats, specifically: Larger game formats had higher velocity demands (maximal and average), while smaller formats demanded more accelerations and decelerations. The demands derived from HR were higher in the SSG and MSG compared to the LSG and SG.

Table 2

Means and standard deviations (\pm sd) of internal and external intensity training load measures according to the group of the game formats.

Load measures	Variables (units)	SSG	MSG	LSG	SG
External (eTL)	V_{\max} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	17.9 \pm 2.8	18.9 \pm 2.7	24.0 \pm 2.7	25.1 \pm 2.2
	D<60%min ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	94.2 \pm 16.9	96.6 \pm 14.4	99.0 \pm 14.8	100.3 \pm 13.8
	D>60%min ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	1.6 \pm 2.5	3.2 \pm 3.7	5.0 \pm 2.8	6.2 \pm 2.5
	D>80%min ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	0.0 \pm 0.0	0.1 \pm 1.0	0.6 \pm 1.0	1.2 \pm 1.3
	DTmin ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	95.8 \pm 18.0	100.1 \pm 15.5	104.7 \pm 16.0	107.6 \pm 14.4
	PLmin ($\text{AU}\cdot\text{min}^{-1}$)	11.9 \pm 2.9	11.2 \pm 2.4	9.8 \pm 2.0	10.0 \pm 1.9
	Dacc>2min ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	4.6 \pm 1.3	4.4 \pm 1.6	3.6 \pm 1.0	3.4 \pm 0.9
	Ddec<-2min ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	3.1 \pm 1.3	3.1 \pm 1.3	2.8 \pm 0.9	2.6 \pm 0.8
Internal (iTL)	EDWmin ($\text{AU}\cdot\text{min}^{-1}$)	3.3 \pm 1.5	3.6 \pm 1.0	3.1 \pm 1.0	3.2 \pm 0.7
	T>80%HRmin ($\text{min}\cdot\text{min}^{-1}$)	0.3 \pm 0.4	0.7 \pm 1.2	0.3 \pm 0.5	0.2 \pm 0.4

Note: SSG is 3vs3 (three players per team), MSG involves 4vs4, 5vs5, and 6vs6 game formats, LSG includes 7vs7, 8vs8, and 9vs9 games formats and SG is a simulated game (10vs10). V_{\max} is velocity peak, DTmin is total distance covered, D<60%min is distance covered at range lower than 60% of the maximal velocity of each player, D>60%min is distance covered at range between 60 and 80% of the maximal velocity of each player, D>80%min is distance covered at range higher than 80% of the maximal velocity of each player, Mmin is distance covered per minute, EDWmin is Edwards arbitrary units per min, T>80%HRmin is time spend at range higher than 80% of the maximal heart rate, PLmin is player load per minute, Dacc>2min is distance covered accelerating at the range higher 2 $\text{m}\cdot\text{sec}^{-2}$, and Ddec<-2min is distance covered decelerating at the range lower than -2 $\text{m}\cdot\text{sec}^{-2}$.

Figure 1 represents ES for the SG format compared with the other three game formats. On the bottom of the figure, it can be observed that SG and LSG do not differ in basically any of the compared variables. All the variables analyzed showed small magnitude differences between SG and LSG, but the differences become higher and lower (depending on the assessed variable) when compared to SSG or MSG. Variables involving a velocity dimension (e.g., V_{\max} , D>60%min, D>80%min and DTmin) were higher in SG with a moderate to very large effect while variables regarding a strength (e.g., PLmin, Dacc>2min and Ddec<-2min) were higher in SSG and MSG with a small to moderate effect.

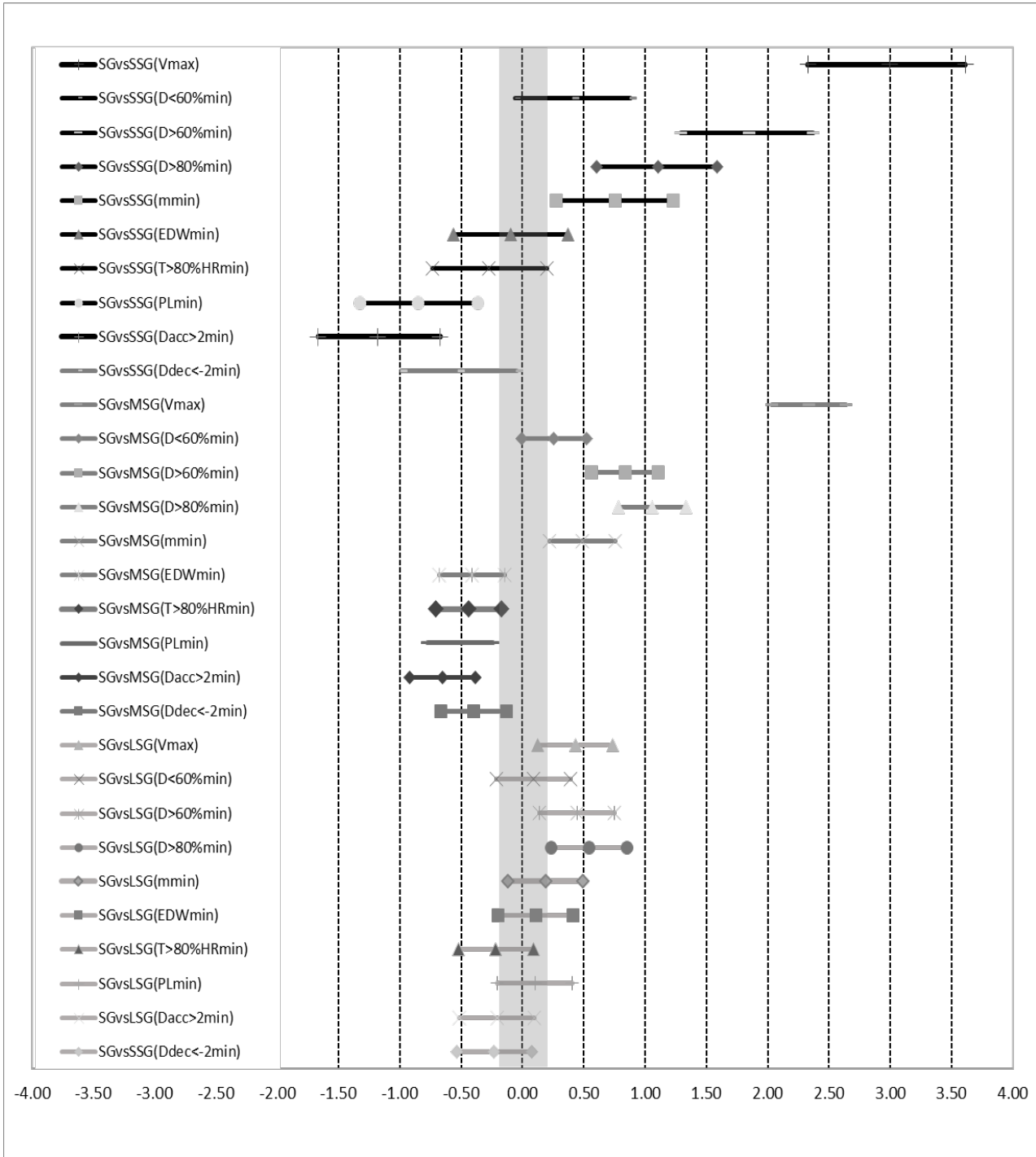


Figure 1

Effect sizes for the simulated games (SG) format compared with the other three, small-sided (SSG), medium-sided (MSG) and large-sided (LSG) games. V_{max} is velocity peak, DT_{min} is total distance covered, $D<60\%min$ is distance covered at range lower than 60% of the maximal velocity of each player, $D>60\%min$ is distance covered at range between 60 and 80% of the maximal velocity of each player, $D>80\%min$ is distance covered at range higher than 80% of the maximal velocity of each player, EDW_{min} is Edwards arbitrary units per min, $T>80\%HR_{min}$ is time spend at range higher than 80% of the maximal heart rate, PL_{min} is player load per minute, $Dacc>2min$ is distance covered accelerating at the range higher 2 $m\cdot sec^{-2}$, and $Ddec<-2min$ is distance covered decelerating at the range lower than -2 $m\cdot sec^{-2}$.

Regarding Principal Component Analysis, the eigenvalues for each principal component were 3.79, 1.82 and 1.05 for first (PC1), second (PC2) and third (PC3) principal component, respectively. The total explained variances by each principal component were: 37.90, 18.24 and 10.53 for PC1, PC2 and PC3 respectively. Figure 3 shows the 10 iTL and eTL intensity variables' representativeness (rotated component).

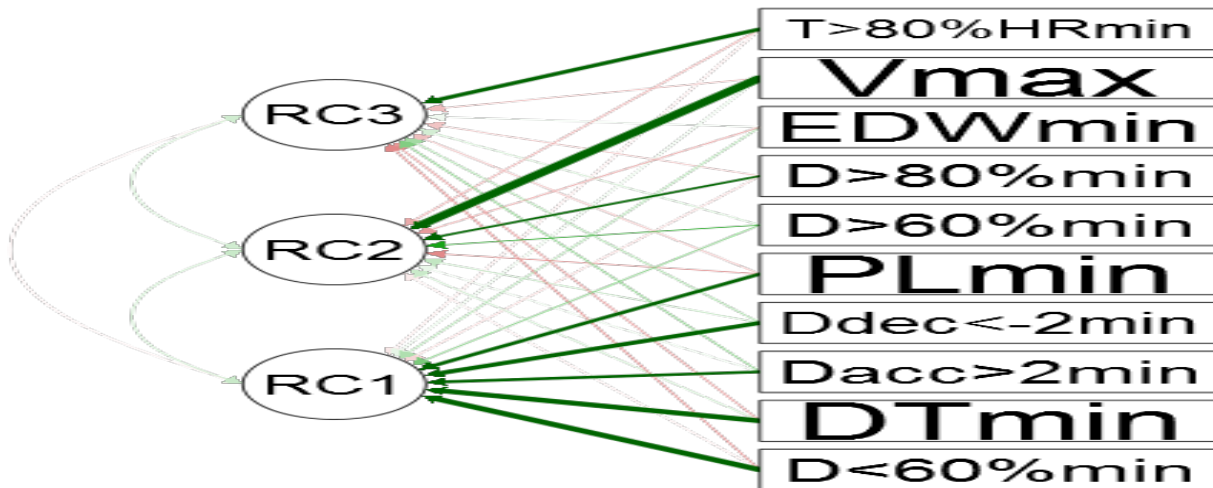


Figure 2

Results of the PCA, showing the rotated training load component loadings for each PC extracted (values above 0.7 are highlighted: in PC1 $D<60\%min = 0.83$, $PLmin = 0.74$, $DTmin = 0.86$, $Dacc>2min = 0.79$ and $Ddec<-2min = 0.84$, in PC2 $Vmax = 0.82$ and $D>80\%min = 0.72$, and, in PC3 $T80\%HRmin = 0.79$).

Finally, figure 3 shows the position of each game formats into the rotated component plot. Only two main factors were plotted to visually represent game formats differences.

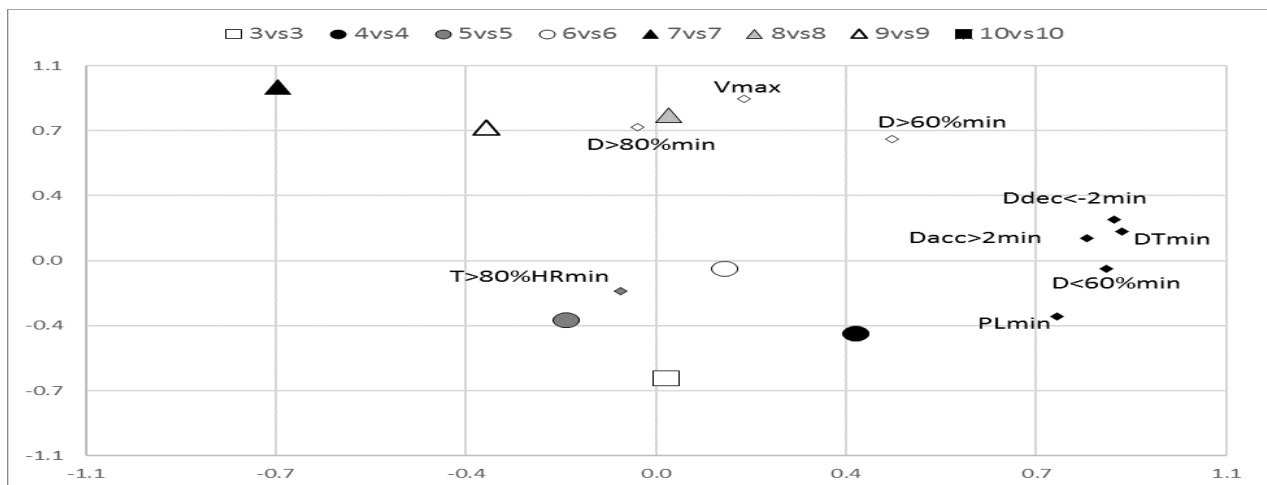


Figure 3

Game formats distribution as the average position of each training task through the two principal components (first and second). The game formats are: from 3vs3 is the small-sided game with three players per team to 10vs10 or simulated games.

4. Discussion

The aim of this research was to study the identification of a structure with three principal components summarizing eight external and two internal intensity variables for all type of game formats studied. This is the first piece of work that focuses on assessing the demands and responds of the same team in eight different game tasks, grouped in four types of game format (SSG, MSG, LSG and SG). The main value of this study is the opportunity to compare players of the same team in different game formats that are usually practiced in football training sessions, understanding the characteristics associated with each of the formats. The main results of the study can be summarised as follows: 1) by a PCA analysis determine the minimum amount of variables necessary to have the essential information and (2) thus obviate the redundant information in workload analysis and help to save the task to physical trainers giving more quality to their analysis.

The application of this procedure of determine the minimum amount of variables can be applied to load adjustment for each of the variables. This method (PCA) aims to extract the most important components and/or variables from data, without reducing the information. Although the initial number of factors was the same as the number of variables used in the factor analysis, only the first three (1, 2 and 3) principal components (PC) were retained in the present study. The total percentage of variance explained by the sum of the three rows (factors) used was 66.7%. C1 involved five eTL, such as $D < 60\%$, PL, DT, $D_{acc} > 2$ and $D_{dec} < -2$, C2 was represented by three variables, such as V_{max} , $D > 60\%$ and $D > 80\%$; and, finally, only one iTL had a score above 0.70 (all in relative values regarding to min of practice). Considering this, we can conclude that these factors (depending on game formats) adequately represent the demands and responses of the original data.

Firstly, from a comparative point of view, the demands and responses associated to the different groups of game formats when compared to simulated games (SG), follow the same profile found by previous studies (Casamichana and Castellano, 2010; Castellano et al., 2015). Higher field dimensions and bigger number of players per team translates into higher are the demands in V_{max} and $D > 80\%$ min (Hodgson et al., 2014). On the contrary, when both variables (dimension and players) are lower, more demand is placed in acceleration and deceleration variables (Castellano and Casamichana, 2013).

In almost all studied variables (except for $D < 60\%$ min, $T > 80\%$ min and EDWmin), the differences between extreme formats, e.g. SSG versus SG, are from moderate to large. However, between closer training game formats, e.g. MSG versus SSG, these differences become small or trivial. As has been

suggested previously (Casamichana et al., 2019), the little similarity between the demands of the four groups of training formats could suggest the need to use the whole range of training game formats (e.g., from 1vs1 to 10vs10) when coaches want to overstimulate or replicate the demands of the competition (SG in the current study), having as reference the particular needs of each playing position (Delaney et al., 2018; Lacombe et al., 2018).

The first principal component explained the greatest proportion of variance (38%), involving five of the ten variables studied. Three out of the five external training load variables involved in this component (PL, ACC and DEC) have a close relation to a neuromuscular or strength dimension. Furthermore, total distance and distance covered above 60% of the individual velocity are also representative of this component. Previously, it has been showed the high correlation between PL and DT in both training sessions (Casamichana et al., 2013) and training tasks (Casamichana and Castellano, 2015). According to the academic literature (Castellano and Casamichana, 2013; Hodgson et al., 2011), SSG and MSG request more intermittent activity in players, with less time in recovery periods ($D < 60\% \text{min}$) and more PLmin.

In relation to the second component, V_{\max} and $DT > 80\% \text{min}$ had the most representativeness. These two variables are related to a locomotor or velocity dimension. As it can be seen in Figure 3, game formats with higher dimension, number of players per team and duration of the activity are the ones that get closer to this component. Once again, this is in line with the previous proposals (Casamichana et al., 2019), in relation to the type of training formats that replicate football-eleven velocity demands. The higher the dimensions of the field, the greater the demands related to high running velocity (e.g., peak of velocity and/or distance accumulated at high-speed running) (Casamichana and Castellano, 2010; Casamichana et al., 2019).

Finally, the third component was represented by the variables related to HR measures, which involved an endurance dimension. Even if EDWmin (as global internal indicator) didn't have any weight in this dimension, $i\text{Tl } T > 80\% \text{HRmin}$ was the variable that best represented it. The training formats closer to this variable were SSG and MSG, which means that with a reduced number of players per team, they get more directly involved in the game. These results are consistent with the ones reported by other studies of SSGs in soccer (Brandes et al., 2011), being an effective means of improving endurance in soccer players (Dellal et al., 2008).

With respect to the identification of a structure, we conclude that all game formats could be

represented by three dimensions (e.g., cardiovascular, locomotor and neuromuscular), being all of them necessary to categorize the spectrum of demands and responses of players in the range of side games in football. Analyzing the three dimensions and determining the variables needed for one correct and high quality analysis of the workload would be sufficient.

A lack of inclusion of additional variables in the analysis (e.g., number of bouts, duration and type of rest periods etc.) of the game formats studied is one of the limitations of the present study. It is possible that these variables could affect the obtained results. Different distribution of the activity durations and recovery periods of the game formats could have involved particular demands. The second limitation involves the of differentiation between playing positions (Casamichana et al., 2019) or even between players (Weaving et al., 2017a). In those cases, other factors and correlations between variables could emerge. Consequently, further research is required to establish the demands and responses associated to different game formats in relation to specific playing positions and/or individual players.

The results obtained in the present study provide very interesting findings. Firstly, the finding that a combination of external and internal intensity variables explains a high proportion of the variance observed in the training game formats performed by a semiprofessional football team (e.g., from 3vs3 to 10vs10 plus goalkeeper). Secondly, the assertion that when the same players participate in different game formats, the demands of the training tasks are not equal. For this reason, it could be interesting to consider different types of game format depending on the conditional objective of the session, in order to replicate, overload or underload the game demands (Casamichana et al., 2019). In any case, it seems interesting to include variables from different dimensions in the load management process, with the objective of assessing with accuracy the demands and responses requested by the training formats used. As it was presented throughout the paper, each game format represents/involves specific demands and responses, but with a similar structure of dimension demanded (e.g., same dimension but with different weight each variable).

5. Practical applications

Findings in this study focus on the demands of different training game formats and how a reduced number of variables can be selected while keeping the maximum amount of information, providing the coaches with information to enhance the effectiveness of the designing and assessment of the training sessions and weekly periodization. A combination of internal and external intensity variables

allows a deep description of the current demands and responses of game formats that are usually applied by coaches in daily training sessions. Using all those game formats integrates the majority of requirements that are demanded to players when competing. Once coaches consider the different demands and responses of all the variety of game formats in football (e.g., from 1vs1 to 10vs10), optimal training loads can be proposed, overloading or under loading, depending on the necessity of the moment in the session, week or in a larger periodization.

6. Conclusion

The conclusion of the study was that a combination of different game formats explained all the variables that have been analysed in the present study. The authors agree with the suggestion of previous research studies (Casamichana et al., 2019) that confirms the idea that are necessary different types of stimulus to optimize players' conditional demands. The different training game formats used showed that the acceleration and deceleration component was the most stimulated in SSG, the cardiovascular demands were highest in MSG and peak and average velocity in LSG and SG. Future research should focus on the study of this type of different game format analysis, regarding to players positions and/or individual profiles.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the support of a Spanish government subproject Mixed method approach on performance analysis (in training and competition) in elite and academy sport [PGC2018-098742-B-C33] (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i), that is part of the coordinated project New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0].

REFERENCES

- Aguiar, M. V., Botelho, G. M., Gonçalves, B. S., and Sampaio, J. E. (2013). Physiological responses and activity profiles of football small-sided games. *J. Strength Cond. Res.* 27(5): 1287–94. doi: [10.1519/JSC.0b013e318267a35c](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318267a35c).
- Akenhead, R., and Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 11(5), 587–593. doi: [10.1123/ijsp.2015-0331](https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331).

- Alexandre, D., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, del P., Natali, A. J., De Lima, J. R., et al. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J. Strength Cond. Res.* 26(10): 2890–2906. doi: [10.1519/JSC.0b013e3182429ac7](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182429ac7).
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., and Losada, J. L. (2011). Observational designs: their suitability and application in sport psychology. *Cuad. Psicol. Dep.* 11(2): 63–76.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., Sánchez-Algarra, P., and Onwuegbuzie, A. J. (2018). Revisiting the difference between mixed methods and multimethods: Is it all in the name? *Quality and Quantity.* 52(6): 2757–2770. <https://doi.org/10.1007/s11135-018-0700-2>.
- Batterham, A. M., and Hopkins, W. G. (2006). Making inferences about magnitudes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 1(1), 50–57.
- Brandes, M., Heitmann, A., and Müller, L. (2011). Physical responses of different small-sided game formats in elite youth soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 26(5): 1353–1360. doi: [10.1519/JSC.0b013e318231ab99](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318231ab99).
- Casamichana, D., and Castellano, J. (2010). Time–motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: Effects of pitch size. *J. Sports Sci.* 28(14): 1615–1623. doi: [10.1080/02640414.2010.521168](https://doi.org/10.1080/02640414.2010.521168).
- Casamichana, D., and Castellano, J. (2015). Relationship between indicators of intensity in small-sided soccer games. *J. Hum. Kinet.* 46(1): 119–128. doi: [10.1515/hukin-2015-0040](https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0040). doi: [10.1515/hukin-2015-0040](https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0040).
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja, J., San Román, J., and Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 27(2): 369–374. doi: [10.1519/JSC.0b013e3182548af1](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182548af1).
- Casamichana, D., Castellano, J., Gómez Díaz, A., and Martín-García, A. (2019). Looking for Complementary Intensity Variables in Different Training Games in Football. *J. Strength Cond. Res.* Mar 5. [Epub ahead of print]. doi: [10.1519/JSC.0000000000003025](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003025).
- Castellano, J., Casamichana, D., Calleja-González, J., San Román, J., and Ostojic, S. (2011). Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise *J. Sports Sci. Med.* 10(1): 233–234.

- Castellano, J., and Casamichana, D. (2013). Differences in the number of accelerations between small-sided games and friendly matches in soccer. *J. Sports Sci. Med.* 12(1): 209–210.
- Castellano, J., Puente, A., Casamichana, D., and Echeazarra, I. (2015). Influence of the number of players and the relative pitch area per player on heart rate and physical demands in youth soccer. *J. Strength Cond. Res.* 29(6): 1683–1691. doi: [10.1519/JSC.0000000000000788](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000788).
- Delaney, J. A., Cummins, C. J., Thornton, H. R., and Duthie, G. M. (2018). Importance, reliability and usefulness of acceleration measures in team sports. *J. Strength Cond. Res.* 32(12): 3485–3493. doi: [10.1519/JSC.0000000000001849](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001849).
- Dellal, A., Chamari, K., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., and Keller, D. (2008). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *J. Strength Cond. Res.* 22(5): 1449–1457. doi: [10.1519/JSC.0b013e31817398c6](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817398c6).
- Diana, B., Zurloni, V., Elia, M., Cavalera, C. M., Jonsson, G. K., and Anguera, M. T. (2017). How Game Location Affects Soccer Performance: T-Pattern Analysis of Attack Actions in Home and Away Matches. *Front. Psychol.* 8:1415. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01415.
- Edwards, S. (1993). High performance training and racing. In: Edwards S, ed. *The Heart Rate Monitor Book*. 8th ed. Sacramento, CA: Feet Fleet Press. 113–123.
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br. J. Sports Med.* 50(5): 273–280. doi: [10.1136/bjsports-2015-095788](https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788).
- Graff, K. H. (2002). Ergometrische Untersuchungen. In: Clasing D, Siegfried I, eds. *Sportärztliche Untersuchung und Beratung*. Spitta Verlag GmbH & Co. 38–46.
- Graham, S. R., Cormack, S., Parfitt, G., and Eston, R. (2018). Relationships Between Model Estimates and Actual Match-Performance Indices in Professional Australian Footballers During an In-Season Macrocycle. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 13(3): 339–346. doi: [10.1123/ijsp.2017-0026](https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0026).
- Hill-Hass, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M. and Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. *Sports Med.* 41(3): 199–220.
- Henderson, B., Cook, J., Kidgell, D. J., and Gatin, P. B. (2015). Game and Training Load Differences in Elite Junior Australian Football. *J. Sports Sci. Med.* 14(3), 494–500.
- Hodgson, C., Akenhead, R., and Thomas, K. (2014). Time-motion analysis of acceleration demands

- of 4v4 small-sided soccer games played on different pitch sizes. *Hum. Mov. Sci.* 33: 25–32. doi: [10.1016/j.humov.2013.12.002](https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.12.002).
- Hopkins, W. G. (2000). A new view of statistics. Internet Society for Sport Science. <http://www.sportsci.org/resource/stats/>.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., and Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J. Sports Sci.* 23(6): 583–592. doi: [10.1080/02640410400021278](https://doi.org/10.1080/02640410400021278).
- Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J., and Spurrs, R. W. (2014). Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *J. Strength Cond. Res.* 28(6): 1649–1655. doi: [10.1519/JSC.0000000000000323](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000323).
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educ. Psychol. Meas.* 20:141–151.
- Lacome, M., Simpson, B. M., Cholley, Y., Lambert, P., and Buchheit, M. (2018). Small-Sided Games in Elite Soccer: Does One Size Fits All? *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 13(5): 568–576. doi: [10.1123/ijsp.2017-0214](https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0214).
- Little, T. (2009). Optimizing the use of soccer drills for physiological development. *J. Strength Cond. Res.* 31(3): 67–74.
- Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, A.J. et al. (2015). JASP (Version 0.7.5) [Computer software].
- Maneiro, R. and Amatria, M. (2018). Polar coordinate analysis of relationships with teammates, areas of the pitch, and dynamic play in soccer: a study of Xabi Alonso. *Front. Psychol.* 9:389. doi: [10.3389/fpsyg.2018.00389](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00389).
- Maneiro, R., Amatria, M., and Anguera, M. T. (2019). Dynamics of Xavi Hernández's game: A vectorial study through polar coordinate analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: J. of Sports Eng. and Technol.* <https://doi.org/10.1177/1754337119830472>.
- Renshaw, I., Davids, K., Chow, J-Y., and Shuttleworth, R. (2009). Insights from ecological psychology and dynamical systems theory can underpin a philosophy of coaching. *Int. J. of Sport Psychol.* 40: 580–602.
- Roe, G., Darrall-Jones, J., Black, C., Shaw, W., Till, K., and Jones, B. (2017). Validity of 10-HZ GPS and Timing Gates for Assessing Maximum Velocity in Professional Rugby Union Players. *Int.*

J. Sports Physiol. Perform. 12(6): 836–839. doi: [10.1123/ijsp.2016-0256](https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0256).

- Sangnier, S., Cotte, T., Brachet, O., Coquart, J., and Tourny, C. (2018). Planning training workload in football using small-sided games' density. *J. Strength Cond. Res.* 8. Volume publish ahead of print. doi: [10.1519/JSC.0000000000002598](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002598).
- Sgrò, F., Bracco, S., Pignato, S., and Lipoma, M. (2018). Small-Sided Games and Technical Skills in Soccer Training: Systematic Review and Implications for Sport and Physical Education Practitioners. *J. Sports Sci.* 6: 9–19. doi: [10.5114/biolSport.2017.64590](https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.64590).
- Tabachnick, B. G., and Fidell, L. S. (2007). Using multivariate statistics. Boston: Pearson Education Inc.
- Weaving, D., Dalton, N. E., Black, C., Darrall-Jones, J., Phipps, P. J., Gray, M., et al. (2018). The Same Story or a Unique Novel? Within-Participant Principal-Component Analysis of Measures of Training Load in Professional Rugby Union Skills Training. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 13(9): 1175–1181. doi: [10.1123/ijsp.2017-0565](https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0565).
- Weaving, D., Jones, B., Marshall, P., Till, K., and Abt, G. (2017a) Multiple measures are needed to quantify training loads in professional rugby league. *Int. J. Sports Med.* 38(10): 735–740. doi: [10.1055/s-0043-114007](https://doi.org/10.1055/s-0043-114007).
- Weaving, D., Jones, B., Till, K., Abt, G., and Beggs, C. (2017b). The case for adopting a multivariate approach to optimize training load quantification in team sports. *Front. Physiol.* 8: 1024. doi: [10.3389/fphys.2017.01024](https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01024).
- Weaving, D., Marshall, P., Earle, K., Nevill, A., and Abt, G. (2014). A combination of internal and external training load measures explains the greatest proportion of variance in certain training modes in professional rugby league. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 9(6): 905–912. doi: [10.1123/ijsp.2013-0444](https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0444).
- Williams, S., Trewartha, G., Cross, M.J., Kemp, S. P., and Stokes, K. A. (2016). Monitoring what matters: A systematic process for selecting training load measures. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 11:1–20. doi: [10.1123/ijsp.2016-0337](https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0337).

3. HIRUGARREN ARTIKULUA

Comparación de la respuesta física, en términos absolutos y relativos a la competición, de diferentes demarcaciones en tareas jugadas de fútbol

Unai Zurutuza & Julen Castellano

Cuadernos de Psicología del Deporte, 2020, 20(1): 190-200

Impact Factor (2018): 0.75 | Applied Psychology | Q3.

Comparación de la respuesta física, en términos absolutos y relativos a la competición, de diferentes demarcaciones en tareas jugadas de fútbol

Encabezado de página: Comparación de la respuesta física en tareas futbolísticas de diferentes demarcaciones

U. Zurutuza^{1,2*} & J. Castellano¹

¹Facultad de Educación y Deporte, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, España

²Departamento Preparación Física, SD Beasain, Spain

RESUMEN:

El objetivo fue estudiar la respuesta física respecto al rendimiento condicional en la competición de diferentes formatos de juego en el fútbol teniendo en cuenta la demarcación de los jugadores. Se registraron cuatro variables de carga externa en 16 jugadores semiprofesionales en cuatro tipos de tareas jugadas (4vs4 [JRP], 6vs6 [JRM] y 8vs8 [JRL]) y partidos de entrenamiento (10vs10 [PE]) para un total de 467 registros. Las variables físicas analizadas fueron las siguientes: (a) DTmin, distancia total en valores absolutos por minuto de actividad, (b) %DT, distancia total por minuto en valores relativos al perfil de las demandas en competición, (c) PLmin, player load en valores absolutos por minuto de actividad, y (d) %PL, player load por minuto en valores relativos al perfil de las demandas en competición. Los resultados fueron que en los formatos JRP y JRM para las variables DTmin y PLmin los valores fueron similares entre demarcaciones, pero no siendo igual para las variables %DT y %PL. Por el contrario, las diferencias entre las diferentes posiciones de juego se minimizaron en los formatos grandes (JRL y PE) cuando se analizaron las variables %DT y %PL, al contrario que para DTmin y PLmin, donde existieron más diferencias entre demarcaciones. La conclusión fue que dependiendo de considerar las variables física en términos absolutos o relativos a la competición las diferencias entre demarcaciones no son uniformes: los formatos reducidos igualan la respuesta condicional en términos absolutos, mientras que los formatos grandes igualan la respuesta condicional entre jugadores en términos al perfil individual en competición.

Palabras clave: deporte colectivo, carga externa, tareas jugadas, posición, entrenamiento.

1. Introducción

Una revisión reciente sobre los efectos de entrenar con juegos reducidos concluye que este tipo de tareas generan adaptaciones agudas y crónicas con las que poder optimizar de manera eficaz el rendimiento condicional de jugadores de fútbol (Bujalance-Moreno, Latorre-Román y García-Pinillos, 2019). Además, el empleo habitual de este tipo de tareas redundante en la mejora del juego colectivo que están ligados con los aspectos que inciden en el rendimiento de los equipos (Folgado, Gonçalves y Sampaio, 2017; Sarmiento et al., 2018), pudiendo incluso tener efectos positivos en la toma de decisiones fuera del ámbito motriz (Aguilar Sánchez, Hernández Mendo, Martín Martínez, Reigal Garrido, y Chiroso Ríos, 2018).

La literatura parece coincidir en que los formatos reducidos favorecen la estimulación de variables fisiológicas (e.g. frecuencia cardíaca o lactato) y neuromusculares (e.g., aceleraciones y desaceleraciones), provocado probablemente por un aumento en la participación de los jugadores sobre el balón, mientras que los formatos más grandes parecen demandar especialmente la dimensión locomotora (e.g. distancia de carrera) y de manera especial las que tienen que ver con velocidades pico o tiempo acumulado en velocidades altas de desplazamiento (Bujalance-Moreno et al., 2019; Casamichana y Castellano, 2010).

Por otro lado, se sabe que existen diferencias en el rendimiento físico en competición en función de la demarcación que los jugadores ocupan dentro del sistema de juego del equipo (Ade, Fitzpatrick y Bradley, 2016; Schuth, Carr, Barnes, Carling y Bradley, 2016). Por tanto, en la búsqueda de la máxima especificidad aplicada en la optimización de los jugadores en el plano condicional podría ser interesante conocer la respuesta física y los efectos a nivel condicional que las tareas jugadas provocan en función de los roles particulares que los jugadores llevan a cabo en el seno de los equipos (Sanchez-Sanchez et al., 2019). Sin embargo, todavía existe una escasa investigación al respecto, encontrándose unos pocos estudios (Dellal et al., 2012; Martín-García, Castellano, Gómez, Cos y Casamichana, 2019) que han atendido esta preocupación.

Una de las principales conclusiones del estudio de Dellal y colaboradores (2012) es que parece que a los defensas centrales les resultó más exigente las tareas de espacio reducido (mayor desplazamiento e intermitencia, probablemente por el hecho de tener que jugar el balón con grandes limitaciones espacio-temporales alejado a lo que están habituados a realizar en los partidos de competición. Por el

contrario, el perfil de actividad demandado por este tipo de tareas jugadas podría aproximarse más a la demarcación de las posiciones más adelantadas del sistema de juego, como los delanteros, donde podrían replicarse con más asiduidad los contextos donde deben intervenir durante la competición. Por otro lado, en el trabajo de Martín-García y colaboradores (2019) encontraron que a medida que los formatos de juego fueron más grandes (e.g., mayor espacio de juego y mayor número de jugadores), las demandas de distancia total recorrida y la recorrida por encima de 25 Km/h aumentaron. No obstante, se incrementan las demandas respecto a la competición en la variable aceleración (ACC) y desaceleración (DEC) cuando se reducen los formatos de juego (e.g., pocos jugadores en un espacio relativo por jugador menor). Sin embargo, en términos relativos a la competición de cada jugador, los formatos de tareas con espacios reducidos (de 5 o 6 jugadores por equipo) se incrementaron las diferencias entre demarcaciones para las variables de aceleración y distancia total.

De manera novedosa se ha comenzado a describir la respuesta física de los jugadores en las sesiones de entrenamiento considerando el perfil competitivo de cada demarcación (Sanchez-Sanchez et al., 2019; Stevens, de Ruiter, Twisk, Savelsbergh y Beek, 2017; Zurutuza, Castellano, Echeazarra y Casamichana, 2017). Esta perspectiva, permite relativizar la carga soportada por los jugadores en el proceso de entrenamiento. Relativizar los valores permite hacer comparable la respuesta física entre jugadores de diferente perfil condicional y contextualizar, por ejemplo, la carga de entrenamiento semanal al compararse con un valor asignado del 100% a la demanda de la competición (Stevens et al., 2017). Los investigadores (Martín-García et al., 2019) han utilizado esta nueva forma de valorar la carga aplicado a las tareas jugadas e, incluso, abordándose la descripción de los escenarios de máxima exigencia de la competición con lo que tratar de explicar si los formatos jugados pueden replicarlos (Abbott, Brickley y Smeeton, 2018; Lacombe, Simpson, Cholley, Lambert y Buchheit, 2018). Afinar en el diseño de tareas de entrenamiento específicas para demarcación permitiría optimizar el rendimiento físico de los jugadores (Martín-García et al., 2019) y reducir las probabilidades de lesión (Gabbett, 2016).

Por todo lo anterior, el objetivo del estudio fue estudiar la respuesta física en términos absolutos y relativos a la competición de diferentes formatos de juego en fútbol teniendo en cuenta las diferentes demarcaciones de los jugadores. Describir los perfiles de actividad relativos a la competición por demarcación en función del tipo de tarea permitirá identificar el grado en el que las tareas replican las demandas particulares de la competición en cada una de las demarcaciones.

2. Material y métodos

2.1. Diseño

El presente estudio se realizó en el periodo de competición (enero-abril) de la temporada 2016-17 durante los microciclos del 28^a hasta el 37^a. Todas las sesiones de entrenamiento y los partidos de competición fueron monitorizadas a través de dispositivos de posicionamiento global (GPS) durante los 10 microciclos que duró el estudio. En total, se obtuvieron un total de 467 registros de tarea (Tabla 1) durante 12 sesiones de entrenamiento ($29,2 \pm 10,7$ por jugador) y 81 registros en los 10 partidos de competición ($5,1 \pm 3,8$ por jugador) a los que se tuvo acceso. Para calcular a cada jugador el valor medio de la demanda en competición de la DT (distancia total) y PL (player load), los valores de partido fueron normalizados a 90 minutos.

2.2. Participantes

En este estudio participaron un total de 20 jugadores de fútbol masculino semiprofesionales del grupo IV de la tercera división en la Liga Española. Los jugadores completan habitualmente entre tres (270 min) y cuatro (360 min) sesiones de entrenamiento semanales y juegan un partido oficial (90 min) cada fin de semana. Antes de participar en el estudio, todos los jugadores fueron informados sobre el estudio, de los cuales 16 firmaron el consentimiento para poder utilizar sus datos (edad = $25,1 \pm 3,7$ años; altura = $178,3 \pm 5,0$ cm; peso = $74,6 \pm 7,9$ kg; porcentaje de grasa corporal obtenida con la fórmula de Möhr = $10,8 \pm 2,2$ %). Los jugadores fueron diferenciados por la demarcación que ocupan habitualmente en el equipo (Lacome et al., 2018), defensa central (DC), delantero (DEL), defensa lateral (DL), mediocentro (MC) y medio lateral (ML). Los procedimientos éticos utilizados en este estudio se ajustaron a la Declaración de Helsinki, teniendo la aprobación del Comité de Ética de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) con el código *M10/2015/303*.

2.3. Variables de carga externa

La carga externa de los jugadores fue estudiada a través de las variables de la dimensión locomotora y mecánica: DT y PL. Estas variables ya han sido utilizadas en trabajos anteriores (Casamichana y Castellano, 2010; Zurutuza, Castellano, Echeazarra, Guridi, y Casamichana, 2019). Ambas variables fueron analizadas de dos maneras. Por un lado, en valores absolutos, si bien, debido a la duración diferente de los formatos jugados (ver Tabla 1), todos los valores absolutos se convirtieron en indicador de intensidad, relativo al promedio del minuto de práctica (DT_{min} y PL_{min}), es decir, la distancia recorrida o el player load acumulado en el promedio de un minuto de actividad en la tarea.

Por otro lado, estas mismas variables también fueron analizadas en términos relativos al porcentaje respecto al perfil competitivo individual de cada jugador (%DT y %PL), representando el 100% el valor para esa variable en la competición particular de cada jugador. De esta manera todos los formatos de juego estudiados, así como el partido de entrenamiento pudieron ser comparables a partir de estos indicadores de intensidad.

2.4. Tareas de entrenamiento

En este estudio se utilizaron tres formatos de juego y los partidos realizados en los entrenamientos: 4vs4 (JRP), 6vs6 (JRM), 8vs8 (JRL), y 10vs10 (PE), donde el número representa el número de jugadores de campo por equipo, excluido el portero. Todas las tareas tuvieron porterías reglamentarias y un portero por equipo. Las características de cada formato de juego están recogidas en la Tabla 1.

Tabla 1

Descripción de las características de las cuatro tareas de juego.

Tarea	Número de jugadores por equipo	Espacio relativo por jugador (m ²)	Repeticiones	Duración (min:sec)	Número de registros
PE	10	300,0	2	18:42	88
JRL	8	268,8	2	12:48	130
JRM	6	129,8	3	8:36	28
JRP	4	132,7	4	2:48	221

Nota: juego reducido pequeño (JRP), juego reducido mediano (JRM), juego reducido largo (JRL) y partido de entrenamiento (PE).

2.5. Procedimiento

Nada más comenzar el estudio, los jugadores realizaron un test de velocidad de 40 metros en el mismo campo de entrenamiento y llevando los dispositivos GPS. Además, en el caso de que se detectasen valores superiores en los picos de velocidad, tanto en entrenamiento como en competición, estos fueron tomados como su velocidad pico o máxima del jugador (V_{max}).

La carga externa fue monitorizada utilizando dispositivos GPS S4 (Minimax v.4.0, Catapult Innovations, Victoria, Australia) que funcionan a una frecuencia de muestreo de 10 Hz y disponen de un acelerómetro triaxial 100 Hz. El dispositivo fue ajustado a la parte trasera superior de cada jugador utilizando un arnés especial. Los dispositivos GPS se activaron 15 min antes del comienzo de cada

sesión de entrenamiento o partido, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Antes del inicio del estudio todos los jugadores estaban familiarizados con el uso de dichos dispositivos.

Los datos registrados por los GPS se descargaron posteriormente a un PC para ser analizados con el software Sprint v5.1.4 (Catapult Innovations, Victoria, Australia, 2010). La fiabilidad y la validez de los dispositivos que se utilizaron en este estudio han sido reportadas en trabajos anteriores (Castellano, Casamichana, Calleja-González, San Román y Ostojic, 2011). La media y desviación estándar (\pm sd) número de satélites durante la recolección de datos fue 12.5 (\pm 0.6).

Con respecto a las tareas jugadas estudiadas señalar que todos los jugadores estaban familiarizados a ellas ya que fueron habituales en su proceso de entrenamiento. Los investigadores no propusieron dichas tareas. Finalmente decir, que únicamente los formatos de tarea que fueron seleccionadas para el estudio se llevaron a cabo en los días centrales de las semanas, es decir, alejados siempre más de 48 horas del partido previo y posterior.

2.6. Análisis estadístico

Primeramente, se llevó a cabo un análisis descriptivo de los juegos reducidos (JRP, JRM y JRL) y partidos de entrenamiento (PE) utilizando la media y el error standard (SE). Posteriormente, se utilizaron inferencias basadas en la magnitud para analizar los datos, según las recomendaciones de Batterham y Hopkins (2006). Las diferencias entre en los JR y PE en función de la demarcación se evaluaron mediante las diferencias de medias estandarizadas (d de Cohen y los límites de confianza en el 90%). Los umbrales de interpretación para el tamaño del efecto estandarizado (ES) fueron los siguientes (Batterham y Hopkins, 2006): $<0,2$ (Trivial), $0,2-0,6$ (pequeño), $0,6-1,2$ (moderado), $1,2-2,0$ (largo) y $>2,0$ (muy largo). El paquete estadístico SPSS v.24.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, IL) y Microsoft Excel fueron utilizados para llevar a cabo los análisis.

3. Resultados

Los valores medios y el error standard de cada una de las variables DT y PL en términos absolutos y relativos a la competición, diferenciado por formato de juego y demarcación se muestran en la Figura 1. Con relación a los formatos de juego, las variables DTmin y %DT fueron más demandadas en los formatos JRL, especialmente, y PE, mientras que las variables PLmin y %PL fueron la respuesta condicional más requeridas en los formatos de JRM y JRP. Por otro lado, respecto a la demarcación,

fue la ML la demarcación que valores más altos mostró en todos los formatos, tanto para la variable DT como para la variable PL.

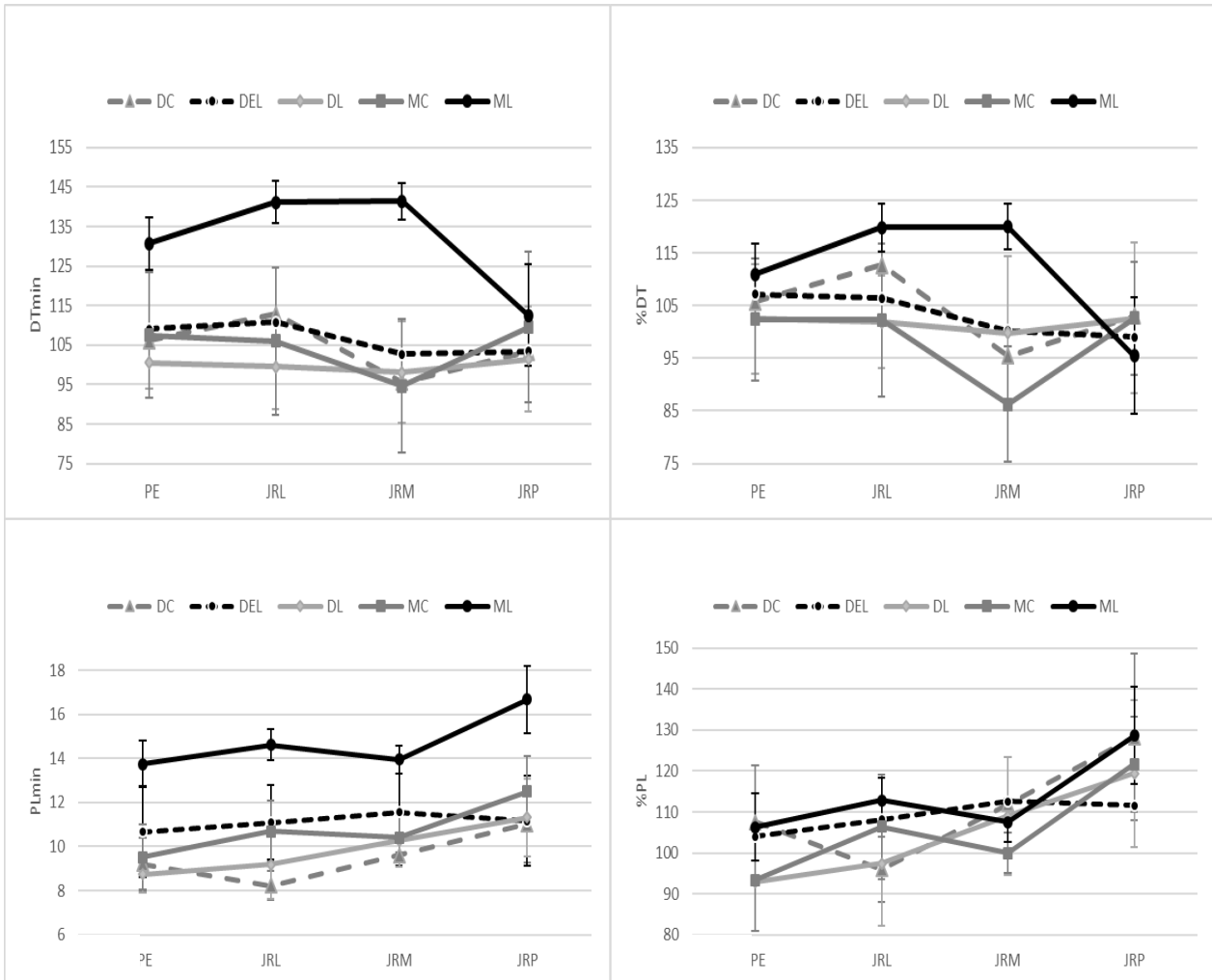


Figura 1

La media y el error estándar de cada una de las variables en términos absolutos, DTmin y PLmin, y relativos a la competición, %DT y %PL, diferenciado por formato de juego y demarcación.

Nota: JRP es 4vs4 (cuatro jugadores por equipo), JRM es 6vs6, JRL es 8vs8, and PE es 10vs10. DTmin es distancia total recorrida en valores absolutos, %DT es distancia total recorrida en valores relativos, PLmin es player load analizado en valores absolutos y %PL es player load analizado en valores relativos. DC es defensacentral, DEL es delantero, DL es defensalateral, MC es medio centro, ML es medio lateral.

En la Tabla 2 se recoge la comparativa (a partir del cálculo del tamaño del efecto) entre demarcaciones en cada uno de los JR (JRP, JRM y JRL) y PE en los que participaron. Como se puede apreciar, las diferencias entre las demarcaciones varían en función de si las variables son consideradas en valores absolutos (metros por minuto para la DT y unidades arbitrarias por minuto para el PL), o relativos (porcentaje de DT y PL respecto a la competición de cada jugador).

Cabe destacarse que las diferencias son más notables entre demarcaciones cuando son comparadas las variables en términos absolutos que cuando se realiza de manera relativizada a la competición, si bien estas diferencias son particulares en función del tipo de formato. De manera específica, existió un aumento extremadamente grande (d de Cohen $> 2,0$, indicado con una valoración cualitativa de 5) en el formato PE para PLmin en DL vs ML y MC vs ML, en el formato JRL para PLmin en DC vs DEL, DEL vs ML, DL vs ML y MC vs ML, en el formato JRM para PLmin en DC vs ML, DL vs ML y MC vs ML y, finalmente, en el formato JRP para PLmin en DC vs ML, DEL vs ML, DL vs ML y MC vs ML. Existió una disminución extremadamente grande (valor -5) en el formato JRP para DTmin cuando DC, DEL y DL se compararon con ML. En términos relativos solo los formatos intermedios (JRL y JRM) acapararon estas diferencias para la variable %DT para DC vs ML y para DEL vs ML en ambos formatos, DL vs ML para el formato JRL y MC vs ML para JRM.

Tabla 2

Tamaños del efecto (d de Cohen), error standard (SE) y límite inferior (LL) y superior (UL) en la comparativa entre demarcaciones diferenciado por tareas.

Tarea	Demarcación	Variable	Absoluto (por min)	VC	Relativo (%)	VC
			[d de Cohen + SE (LL/UL)]		[d de Cohen + SE (LL/UL)]	
PE	DCvsDEL	DT	-0,20 ±0,55 (-1,10/0,71)	0	0,11 ±0,55 (-0,79/1,02)	1
	DCvsDEL	PL	0,88 ±0,57 (-0,04/1,81)	3	-0,26 ±0,55 (-1,16/0,65)	-1
	DCvsDL	DT	0,51 ±0,62 (-0,51/1,53)	2	-0,31 ±0,62 (-1,32/0,70)	-1
	DCvsDL	PL	-0,44 ±0,62 (-1,46/0,57)	-1	-1,13 ±0,65 (-2,20/-0,06)	-2
	DCvsMC	DT	-0,69 ±0,59 (-1,66/0,28)	-2	-0,30 ±0,58 (-1,25/0,65)	-1
	DCvsMC	PL	0,24 ±0,58 (-0,71/1,19)	2	-1,06 ±0,61 (-2,06/-0,07)	-2
	DCvsML	DT	-2,46 ±0,94 (-4,00/-0,93)	-4	0,61 ±0,72 (-0,57/1,80)	3
	DCvsML	PL	4,07 ±1,24 (2,04/6,10)	4	-0,11 ±0,71 (-1,27/1,05)	0
	DELvsDL	DT	0,84 ±0,44 (0,12/1,56)	3	-0,37 ±0,42 (-1,07/0,33)	-1
	DELvsDL	PL	-1,24 ±0,45 (-1,98/-0,49)	-3	-0,86 ±0,44 (-1,58/-0,15)	-2
	DELvsMC	DT	-0,71 ±0,38 (-1,33/-0,09)	-2	-0,36 ±0,37 (-0,97/0,25)	-1
	DELvsMC	PL	-0,64 ±0,38 (-1,26/-0,03)	-2	-0,80 ±0,38 (-1,43/-0,18)	-2
	DELvsML	DT	-2,60 ±0,67 (-3,70/-1,50)	-4	0,34 ±0,55 (-0,57/1,25)	2
	DELvsML	PL	1,89 ±0,62 (0,88/2,90)	4	0,20 ±0,55 (-0,70/1,11)	2

	DLvsMC	DT	-1,26 ±0,50 (-2,08/-0,44)	-3	-0,01 ±0,46 (-0,76/0,74)	0
	DLvsMC	PL	0,64 ±0,47 (-0,12/1,41)	3	0,04 ±0,46 (-0,70/0,79)	1
	DLvsML	DT	-3,91 ±1,01 (-5,56/-2,26)	-4	1,01 ±0,65 (-0,05/2,07)	3
	DLvsML	PL	5,32 ±1,25 (3,28/7,36)	5	1,30 ±0,67 (0,21/2,40)	4
	MCvsML	DT	-1,53 ±0,64 (-2,58/-0,48)	-3	0,94 ±0,60 (-0,05/1,92)	3
	MCvsML	PL	3,28 ±0,82 (1,94/4,62)	5	1,21 ±0,62 (0,20/2,22)	4
	DCvsDEL	DT	-0,48 ±0,63 (-1,50/0,55)	-1	-0,44 ±0,62 (-1,46/0,59)	-1
	DCvsDEL	PL	2,22 ±0,71 (1,06/3,38)	5	1,29 ±0,65 (0,22/2,35)	4
	DCvsDL	DT	0,20 ±0,69 (-0,93/1,34)	2	-0,74 ±0,71 (-1,90/0,43)	-2
	DCvsDL	PL	0,80 ±0,71 (-0,37/1,97)	3	0,12 ±0,69 (-1,01/1,25)	1
	DCvsMC	DT	-0,36 ±0,68 (-1,48/0,76)	-1	-0,62 ±0,69 (-1,75/0,51)	-2
	DCvsMC	PL	2,25 ±0,83 (0,89/3,62)	5	0,97 ±0,71 (-0,19/2,13)	3
	DCvsML	DT	-1,90 ±0,87 (-3,32/-0,47)	-3	0,52 ±0,74 (-0,69/1,74)	2
	DCvsML	PL	9,46 ±2,48 (5,40/13,52)	5	2,45 ±0,95 (0,89/4,01)	5
	DELvsDL	DT	1,12 ±0,47 (0,35/1,89)	3	-0,53 ±0,45 (-1,27/0,20)	-1
	DELvsDL	PL	-1,17 ±0,47 (-1,94/-0,40)	-2	-0,82 ±0,46 (-1,57/-0,07)	-2
JRL	DELvsMC	DT	-0,08 ±0,42 (-0,77/0,61)	0	-0,35 ±0,42 (-1,05/0,35)	-1
	DELvsMC	PL	-0,25 ±0,42 (-0,94/0,45)	-1	-0,15 ±0,42 (-0,85/0,54)	0
	DELvsML	DT	-2,32 ±0,60 (-3,31/-1,33)	-4	2,03 ±0,58 (1,08/2,99)	5
	DELvsML	PL	2,73 ±0,64 (1,68/3,77)	5	0,54 ±0,51 (-0,30/1,37)	2
	DLvsMC	DT	-0,76 ±0,54 (-1,64/0,12)	-2	0,03 ±0,52 (-0,82/0,88)	1
	DLvsMC	PL	1,02 ±0,55 (0,12/1,93)	3	0,64 ±0,53 (-0,23/1,51)	3
	DLvsML	DT	-2,36 ±0,76 (-3,61/-1,12)	-4	2,56 ±0,79 (1,28/3,85)	5
	DLvsML	PL	4,51 ±1,09 (2,72/6,30)	5	1,35 ±0,65 (0,29/2,41)	4
	MCvsML	DT	-1,34 ±0,63 (-2,37/-0,31)	-3	1,63 ±0,65 (0,56/2,70)	4
	MCvsML	PL	3,54 ±0,90 (2,06/5,01)	5	0,65 ±0,58 (-0,31/1,61)	3
	DCvsDEL	DT	-0,25 ±0,78 (-1,52/1,03)	-1	0,49 ±0,78 (-0,79/1,77)	2
JRM	DCvsDEL	PL	1,15 ±0,81 (-0,18/2,47)	3	0,06 ±0,77 (-1,21/1,33)	1
	DCvsDL	DT	0,16 ±0,87 (-1,27/1,58)	1	0,36 ±0,87 (-1,07/1,79)	2

	DCvsDL	PL	0,79 ±0,90 (-0,67/2,26)	3	-0,29 ±0,87 (-1,72/1,13)	-1
	DCvsMC	DT	-1,00 ±0,91 (-2,50/0,49)	-2	-0,97 ±0,91 (-2,47/0,52)	-2
	DCvsMC	PL	1,10 ±0,92 (-0,42/2,61)	3	-3,29 ±1,28 (-5,39/-1,18)	-4
	DCvsML	DT	-1,42 ±1,12 (-3,25/0,42)	-3	3,91 ±1,71 (1,11/6,71)	5
	DCvsML	PL	9,44 ±3,49 (3,73/15,16)	5	-1,24 ±1,09 (-3,03/0,55)	-3
	DELvsDL	DT	0,55 ±0,60 (-0,44/1,53)	2	-0,03 ±0,59 (-1,00/0,94)	0
	DELvsDL	PL	-0,67 ±0,61 (-1,67/0,32)	-2	-0,25 ±0,59 (-1,22/0,73)	-1
	DELvsMC	DT	-1,16 ±0,63 (-2,19/-0,13)	-2	-1,26 ±0,64 (-2,31/-0,22)	-3
	DELvsMC	PL	-0,62 ±0,60 (-1,61/0,37)	-2	-1,14 ±0,63 (-2,17/-0,11)	-2
	DELvsML	DT	-1,80 ±0,86 (-3,21/-0,40)	-3	2,35 ±0,91 (0,86/3,85)	5
	DELvsML	PL	1,37 ±0,82 (0,02/2,72)	4	-0,46 ±0,78 (-1,74/0,82)	-1
	DLvsMC	DT	-1,11 ±0,76 (-2,36/0,13)	-2	-1,05 ±0,75 (-2,28/0,19)	-2
	DLvsMC	PL	0,11 ±0,71 (-1,05/1,27)	1	-0,84 ±0,74 (-2,04/0,37)	-2
	DLvsML	DT	-1,96 ±1,03 (-3,65/-0,26)	-3	1,88 ±1,02 (0,21/3,56)	4
	DLvsML	PL	3,84 ±1,41 (1,54/6,15)	5	-0,14 ±0,87 (-1,56/1,28)	0
	MCvsML	DT	0,20 ±0,87 (-1,23/1,62)	1	4,06 ±1,46 (1,67/6,45)	5
	MCvsML	PL	4,17 ±1,48 (1,74/6,60)	5	1,51 ±0,97 (-0,08/3,10)	4
	<hr/>					
	DCvsDEL	DT	-0,78 ±0,33 (-1,33/-0,24)	-2	-0,24 ±0,33 (-0,78/0,29)	-1
	DCvsDEL	PL	0,08 ±0,32 (-0,45/0,61)	1	-0,78 ±0,33 (-1,33/-0,24)	-2
	DCvsDL	DT	0,34 ±0,33 (-0,21/0,88)	2	-0,03 ±0,33 (-0,57/0,52)	0
	DCvsDL	PL	0,17 ±0,33 (-0,37/0,72)	1	-0,46 ±0,34 (-1,01/0,09)	-1
	DCvsMC	DT	-1,15 ±0,38 (-1,77/-0,53)	-2	-0,03 ±0,35 (-0,61/0,55)	0
	DCvsMC	PL	0,89 ±0,37 (0,29/1,50)	3	-0,40 ±0,36 (-0,98/0,19)	-1
JRP	DCvsML	DT	-3,37 ±0,58 (-4,32/-2,42)	-5	-0,61 ±0,39 (-1,24/0,02)	-2
	DCvsML	PL	3,46 ±0,59 (2,49/4,43)	5	0,03 ±0,38 (-0,59/0,65)	1
	DELvsDL	DT	1,61 ±0,26 (1,19/2,03)	4	0,21 ±0,22 (-0,15/0,58)	2
	DELvsDL	PL	0,08 ±0,22 (-0,29/0,44)	1	0,39 ±0,22 (0,02/0,75)	2
	DELvsMC	DT	-0,46 ±0,26 (-0,88/-0,04)	-1	0,23 ±0,25 (-0,18/0,65)	2
	DELvsMC	PL	0,72 ±0,26 (0,30/1,15)	3	0,57 ±0,26 (0,15/0,99)	2

DELvsML	DT	-3,05 ±0,39 (-3,70/-2,40)	-5	-0,24 ±0,29 (-0,70/0,23)	-1
DELvsML	PL	3,04 ±0,39 (2,40/3,69)	5	0,97 ±0,30 (0,48/1,45)	3
DLvsMC	DT	-1,87 ±0,31 (-2,38/-1,36)	-3	0,00 ±0,26 (-0,43/0,43)	0
DLvsMC	PL	0,71 ±0,27 (0,27/1,15)	3	0,15 ±0,26 (-0,28/0,58)	1
DLvsML	DT	-4,68 ±0,54 (-5,56/-3,80)	-5	-0,56 ±0,30 (-1,05/-0,07)	-1
DLvsML	PL	3,25 ±0,43 (2,55/3,96)	5	0,62 ±0,30 (0,13/1,11)	3
MCvsML	DT	-2,62 ±0,43 (-3,32/-1,91)	-4	-0,65 ±0,33 (-1,19/-0,12)	-2
MCvsML	PL	2,65 ±0,43 (1,94/3,36)	5	0,60 ±0,32 (0,07/1,13)	2

Nota: JRP es 4vs4 (cuatrojugadores por equipo), JRM es 6vs6, JRL es 8vs8, and PE es 10vs10. DT es distancia total cubierta y PL es player load. DC es defensacentral, DEL es delantero, DL es defensalateral, MC es medio centro, ML es medio lateral. VC es valoracióncualitativa. 0 es trivial, -1 es pequeñadisminución, -2 es disminuciónmoderada, -3 es grandisminución, -4 es muygrandedisminución, -5 es extremadamentegrandedisminución, 1 es pequeñoaumento, 2 es aumentomoderado, 3 es granaumento, 4 es aumentomuygrande y 5 es aumentoextremadamentegrande.

4. Discusión

El objetivo del presente estudio fue describir la respuesta física de jugadores semi-profesionales en cuatro formatos de juego en términos absolutos y relativos a la competición considerando cinco demarcaciones distintas. La principal aportación del estudio es que la interpretación de la respuesta condicional de las diferentes tareas jugadas fue dependiente de si la valoración de la respuesta física, locomotora (DT) y mecánica (PL), fue realizada en términos absolutos o relativos al perfil de la competición particular a cada jugador. Las conclusiones del estudio fueron que a menor número de jugadores por equipo en las tareas existió una mayor similitud en el rendimiento condicional entre demarcaciones en términos absolutos (DTmin y PLmin), mientras que cuando se relativizaron a las demandas particulares de la competición (%DT y %PL) fueron los formatos con más jugadores y disputados en dimensiones más grandes donde se dio una mayor similitud de la respuesta física entre demarcaciones.

En la dimensión mecánica y para el conjunto de las demarcaciones, que fue analizada a partir de la variable PL, los resultados se alinearon con los obtenidos por estudios previos (Casamichana y Castellano, 2010; Castellano y Casamichana, 2013). Tareas realizadas en dimensiones reducidas y con pocos efectivos en cada equipo provocó un aumento de la demanda en esta dimensión, disminuyéndose a medida que el espacio relativo al jugador y el número de jugadores por equipo fueron mayores. Por otro lado, e independientemente a la demarcación, en la dimensión locomotora

(analizada mediante la variable DT), se pudo constatar que a medida que el número de jugadores por equipo fue mayor la demanda condicional se vio incrementada. En la línea con lo reportado por la literatura, cuanto mayores fueron las dimensiones del terreno de juego, mayores fueron las demandas de desplazamiento (Casamichana y Castellano, 2010; Casamichana, Castellano, Gómez-Díaz y Martín-García, 2019).

Los resultados del presente trabajo mostraron que las demandas provocadas por los diferentes formatos de juego difieren según la posición que ocupan los jugadores en competición. Dependiendo del tamaño del formato de juego (JRP, JRM, JRL y PE) las diferencias en la respuesta expresada en valores absolutos (en m por min^{-1}) o relativos a la competición (%) fueron particulares para cada demarcación, coincidiendo con lo propuesto en trabajos anteriores (Abbott et al., 2018; Lacombe et al., 2018). Se destaca especialmente que la interpretación de las demandas físicas puede resultar contradictoria según se considere el análisis en términos absolutos o relativos a la competición particular de cada jugador. Esto se refleja en la totalidad de las comparaciones que se han realizado tomando las perspectivas absoluta y relativa (Tabla 2) donde en muy pocos casos la valoración cualitativa resultó igual. En formatos más pequeños (JRP y JRM), caracterizados por disponer de pocos jugadores en un espacio relativo por jugador reducido, la demanda en términos absolutos fue similar entre las diferentes demarcaciones. Sin embargo, cuando se atiende a estas mismas variables, pero en términos relativos a las demandas particulares de la competición, surgen las diferencias entre posiciones. Por el contrario, las diferencias entre las demarcaciones del equipo se minimizan en los formatos más grandes (JRL y PE) cuando se expresaron en términos relativos a la competición, emergiendo las diferencias cuando las variables fueron consideradas en valores absolutos. Desde este punto de vista, podría ser interesante abordar estudios en torno a la gestión de cargas y su relación con la lesión que han tomado gran interés en la literatura especializada (Griffin et al., 2019) a partir de considerar los valores agudos y crónicos de carga desde un punto de vista relativo a la competición individual.

Son varias las limitaciones del estudio que deben contemplarse si se pretende generalizar los resultados. Por un lado, este estudio fue implementado en un único equipo, particularidades en el perfil condicional de los jugadores que ocuparon las demarcaciones en la muestra empleada podría haber condicionado los resultados obtenidos. Sería de gran interés llevar a cabo este estudio con más jugadores y otros equipos, incluso, con diferentes niveles de competencia (e.g., nivel nacional, autonómico o regional). La segunda de las limitaciones tiene que ver con las variables estudiadas, si

bien son dos de las variables más empleadas en la literatura para el análisis de la carga de entrenamiento, disponer de otras como distancias recorridas a alta velocidad, aceleraciones y deceleraciones como carga externa, y de manera complementaria, otras variables de carga interna (frecuencia cardiaca o respuesta a la percepción del esfuerzo) permitiría un abordaje más holístico.

Finalmente, cabe mencionar, que las características de los formatos de juego que se emplearon para agruparlos no coincidieron en su duración o espacio relativo por jugador, lo cual podría haber condicionado los resultados obtenidos. A pesar de las limitaciones, los resultados del presente estudio sugieren que los cuatro formatos de tareas estudiadas estimulan de manera dispar a las demarcaciones, pudiéndose ser implementadas en el proceso de intervención para sobre-estimular, replicar o sub-estimular la respuesta física teniendo como referencia el perfil condicional particular que cada demarcación/jugador tiene en la competición.

5. Aplicaciones prácticas

La principal aplicación de los resultados del estudio es que el uso combinado de los formatos de tareas de juego, desde pequeñas hasta largas, en el proceso de entrenamiento permitiría sobre-estimular o sub-estimular la respuesta física de los jugadores en cuanto a distancia recorrida y carga mecánica. Por esta razón, parece aconsejable que los entrenadores consideren todo el espectro de tareas (e.g., desde 1vs1 a 10vs10) para atender a las necesidades particulares de cada demarcación y contextualizado al momento del día de la semana y periodo de la temporada con el propósito de optimizar su rendimiento.

6. Conclusión

La conclusión del estudio fue que no todas las tareas estudiadas (JRP, JRM, JRL y PE) demandaron por igual distancia total y carga mecánica, tanto en términos absolutos como relativos a la competición, a todas las demarcaciones (DC, DL, MC, ML y DEL) en el fútbol semi-profesional. Por lo tanto, se debería atender a las particularidades de las demarcaciones cuando se diseñan tareas de entrenamiento para, en función del objetivo, poder replicar, supraestimular o infraestimular las variables condicionales que mejor se ajusten al perfil particular de competición. Las investigaciones futuras deberían centrarse más en el conocimiento de las demandas de este tipo de tareas considerando las demandas individuales de la competición que cada demarcación tiene en el equipo con la que optimizar el proceso de entrenamiento y en consecuencia su rendimiento condicional.

REFERENCIAS

- Abbott, W., Brickley, G., y Smeeton, N. J. (2018). Positional differences in GPS outputs and perceived exertion during soccer training games and competition. *Journal of Strength Conditioning Research*, 32(11), 3222–3231. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002387.
- Ade, J., Fitzpatrick, J., y Bradley P. S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2205–2214. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1217343>.
- Aguilar Sánchez, J., Hernández Mendo, A., Martín Martínez, I., Reigal Garrido, R. E., & Chiroso Ríos, L. J. (2018). Efectos de un programa de juegos reducidos sobre la toma de decisiones en chicas adolescentes. *Cuadernos De Psicología Del Deporte*, 18(1), 21-30. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/cpd/article/view/295891>.
- Batterham, A. M., y Hopkins, W. G. (2006). Making inferences about magnitudes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 50–57.
- Bujalance-Moreno, P., Latorre-Román, P. Á., y García-Pinillos, F. (2019). A systematic review on small-sided games in football players: Acute and chronic adaptations. *Journal of Sports Sciences*, 37(8), 921–949. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1535821>.
- Casamichana, D., y 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.
- Casamichana, D., Castellano, J., Gómez-Díaz, A., y Martín-García, A. (2019). Looking for complementary intensity variables in different training games in football. *Journal of Strength Conditioning Research*, 5. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003025.
- Castellano, J., Casamichana, D., Calleja-González, J., San Román, J., y Ostojic, S. (2011). Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(1), 233–234.
- Castellano, J. y Casamichana, D. (2013). Differences in the number of accelerations between small-sided games and friendly matches in soccer. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(1), 209–210.

- Dellal, A., Owen, A., Wong, D. P., Krustup, P., van Exsel, M., y Mallo, J. (2012). Technical and physical demands of small vs. large sided games in relation to playing position in elite soccer. *Human Movement Science*, 31(4), 957–969. DOI: 10.1016/j.humov.2011.08.013. Epub 2012 Feb 17.
- Lacome, M., Simpson, B. M., Cholley, Y., Lambert, P., y Buchheit, M. (2018). Small-Sided Games in Elite Soccer: Does One Size Fit All? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 568–576. DOI: 10.1123/ijsp.2017-0214.
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273–280. doi: 10.1136/bjsports-2015-095788.
- Folgado, H., Gonçalves, B., & Sampaio, J. (2017). Positional synchronization affects physical and physiological responses to preseason in professional football (soccer). *Research in Sports Medicine*, 0(0), 1–13.
- Griffin, A., Kenny, I. C., Comyns, T. M., Lyons, M., Griffin, A., & Kenny, I. C. (2019). The association between the acute : chronic workload ratio and injury and its application in team sports : a systematic review. *Sports Medicine*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01218-2>
- Martín-García, A., Castellano, J., Gómez, A., Cos, F., y Casamichana, D. (2019). Positional demands for various-sided games with goalkeepers according to the most demanding passages of match play in football. *Biology of Sport*, 36(2), 171–180. DOI: 10.5114/biolport.2019.83507.
- Sanchez-Sanchez, J., Sanchez, M., Hernández, D., Gonzalo-Skok, O., Casamichana, D., Ramirez-Campillo, R., y Nakamura, F. Y. (2019). Physical performance during soccer-7 competition and small-sided games in U12 players. *Journal of Human Kinetics*, 67, 281–290. DOI: 10.2478/hukin-2018-0082.
- Sarmiento, H., Clemente, F. M., Harper, L. D., Costa, I. T. da, Owen, A., & Figueiredo, A. J. (2018). Small sided games in soccer—a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(5), 693–749. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1517288>
- Schuth, G., Carr, C., Barnes, C., Carling, C., y Bradley P. S. (2016). Positional interchanges influence the physical and technical match performance variables of elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 501–508. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1127402>.

- Stevens, T. G. A., de Ruiter, C. J., Twisk, J. W. R., Savelsbergh, G. J. P., y Beek, P. J. (2017). Quantification of in-season training load relative to match load in professional Dutch Eredivisie football players. *Science and Medicine in Football*, 1, 117–125. DOI: <https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1282163>.
- Zurutuza, U., Castellano, J., Echeazarra, I., y Casamichana, D. (2017). Absolute and relative training load and its relation to fatigue in football. *Frontiers in Psychology*, 8, 878. DOI: [10.3389/fpsyg.2017.00878](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00878).
- Zurutuza, U., Castellano, J., Echeazarra, I., Guridi, I., & Casamichana, D. (2019). Selecting training-load measures to explain variability in football training games. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00878>.