

TREBALL FINAL DE GRAU

Grau en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

Escola Universitària de la Salut i l'Esport (EUSES), Centre adscrit a la Universitat de Girona

RELACIÓ I DESCRIPCIÓ DE LA DEMANDA FÍSICA I FISIOLÒGICA D'EXERCICIS ESPECÍFICS DE L'ENTRENAMENT DE BÀSQUET EN JUGADORS PROFESSIONALS

Robert Calderon Bertran

Curs acadèmic: 2020-2021

Tutor/a de l'EUSES: Dr. Josep Campos Rius

Data d'entrega: 04/06/2021

Índex

Resum:	2
Introducció	1
Mètodes.....	3
Participants.....	3
Disseny de l'estudi.....	3
Registre de variables.....	3
Anàlisi estadística	4
Resultats	4
Discussió	7
Conclusions	9
Agraïments	10
Bibliografia	11

Relació i descripció de la demanda física i fisiològica d'exercicis específics de l'entrenament de bàsquet en jugadors professionals

Relationship and description of the physical and physiological demands for basketball specific training drills in professional players

Resum: L'objectiu de l'estudi era comparar, descriure i relacionar la càrrega interna i externa dels exercicis 2c2, 3cX, 4cX i 5cX, a partir de la demanda cardiovascular i l'accelerometria, variant el nombre de jugadors (amb i sense contacte amb igualtat numèrica) i l'espai de pista (mitja pista (0.5) i pista i mitja (1.5)). Quinze jugadors de bàsquet de la segona categoria Espanyola van ser registrats al llarg dels períodes precompetitiu i competitiu (6 mesos i 421 exercicis analitzats). Les variables inclouen Player Load (PL) i *Inertial Movement Analysis* (IMA), sent relatives a la duració dels exercicis (PLm i IMAm) i la freqüència cardíaca mitja (HRav) i màxima (HR_{max}) com a valors absoluts. Els resultats han mostrat com els exercicis amb oposició i a major espai de pista obtenen valors més elevats per a totes les variables, comparats amb aquells amb el mateix nombre de jugadors. IMAm i HRav van ser majors per als exercicis propers a les demandes del partit (5c5 (0.5 i 1.5)) i amb menor nombre de jugadors (i.e. 3c3 (0.5)), havent-hi una relació moderada i alta entre aquestes dues variables i tots els exercicis analitzats. La correlació entre PLm i HRav va ser baixa o moderada només en aquells propers al partit (5cX (0.5 i 1.5)). La relació entre PLm i IMAm va ser moderada o alta en quasi tots ells (.477 - .778). L'estudi incideix en la necessitat d'investigar més sobre la demanda dels exercicis d'entrenament, ja que mostren resultats diversos a la bibliografia precedent en funció de les variables analitzades (i.e. PLm) i poder així, valorar aquelles més adients per a monitorar l'entrenament.

Paraules clau: Accelerometria, freqüència cardíaca, monitoratge i esport d'equip

Abstract: The aim of the study was to describe, compare and relate internal and external workload during basketball training drills (2c2, 3cX, 4cX and 5cX), varying the number of players (with and without opposition with numerical equality) and court size (half court (0.5) and full court with transition (1.5)), through cardiovascular response and accelerometry. Fifteen basketball players of the Spanish second league were recorded during the pre-season and in-season (6 month, 421 exercises). The variables include Player Load (PL) and *Inertial Movement Analysis* (IMA), being relatives to exercise duration (PLm and IMAm) and mean heart rate (HRav) and maximum heart rate (HR_{max}) as absolute values. The results revealed how exercises with opposition and full-court with transition were more demanding compared with those once with the same number of players. IMAm and HRav were higher for the drills close to the match demands (5c5 (0.5 and 1.5)) and with fewer players (i.e. 3c3 (0.5)), having a moderate to high relation in all exercises. The correlation between PLm and HRav were low or moderate only for those closer to the match (5c0 (0.5) and 5c5 (0.5 and 1.5)). The relationship between PLm and IMAm were moderate to high in almost all of them (.477 - .778). This study reveals the need to investigate more about workload in basketball training exercises, due to the discrepancies of the results of some variables (i.e. PLm) with previous bibliography and to be able to understand the most appropriate variables for monitoring the training.

Key words: Accelerometry, heart rate, monitoring, team sport.

Introducció

El monitoratge de l'entrenament i la competició és un aspecte important dins els esports de situació per a comprendre les seves necessitats (Fox, Conte, Stanton, Mclean & Scanlan, 2020) i valorar l'adaptació de l'atleta, minimitzant el risc de sobreentrenament, lesió o malaltia (Halsón, 2014; O'Grady, Fox, Dalbo & Scanlan, 2020).

El bàsquet es tracta d'un esport aeròbic-anaeròbic alternat amb fases breus en què es produeixen accions màximes (McInnes, Carlson, Jones & McKenna, 1995; Narazaki, Berg, Stergiou & Chen, 2009; Schelling & Torres-Ronda, 2016). Aquestes accions estan supeditades pel conjunt d'accions explosives com canvis de direcció, salts o moviments a màxima intensitat, juntament amb habilitats pròpies de les accions de joc que determinaran el rendiment dels i les atletes (Román, García-Rubio, Feu & Ibáñez, 2019; Schelling & Torres-Ronda, 2016). Així doncs, el repte dels entrenadors i preparadors físics és el de dissenyar tasques que englobin simultàniament aquestes habilitats (Schelling & Torres-Ronda, 2016). Una manera de simular les demandes del joc durant els entrenaments és a partir de situacions jugades (*small-sided games*, SSG) (Halouani, Chtourou, Gabbett, Chaouachi & Chamari, 2014; O'Grady et al., 2020), descrites prèviament en altres esports d'equip (Aguar, Botelho, Lago, Maças & Sampaio, 2012; Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri & Coutts, 2011), sent una eina per a generar millores tant condicionals com pròpies del joc, de forma integrada i contextualitzada (Delextrat & Martínez, 2014; Halouani, Chtourou, Gabbett, Chaouachi & Chamari, 2014; Schelling & Torres-Ronda, 2013).

Segons Svilar, Castellano & Jukic

(2019), seguint els nivells d'orientació proposats per Schelling & Torres-Ronda (2016), trobem dues tipologies d'exercicis propis dels entrenaments de bàsquet, els de no contacte (orientació dirigida (Schelling & Torres-Ronda, 2016, citat a Svilar et al., 2019)) i els de contacte (orientació especial i/o competitiva (Schelling & Torres-Ronda 2016, citat a Svilar et al., 2019)). Aquests primers són àmpliament utilitzats pels equips de categoria sèniors, els quals es realitzen sense oposició i s'utilitzen per al desenvolupament individual o col·lectiu de determinats aspectes de la tècnica o principis tàctics (Svilar et al., 2019). En canvi, els segons com els SSG (considerats des del 1c1 fins al 4c4 amb les seves múltiples variacions) i les simulacions reals del joc (5c4 i 5c5), s'utilitzen com a alternativa als mètodes tradicionals de millora de la condició física dels jugadors (Svilar et al., 2019).

Estudis previs han observat com diferents condicionants als exercicis de contacte, modifiquen els seus valors de càrrega. Schelling & Torres-Ronda, (2016), citat a O'Grady et al. (2020), han conclòs que a menor nombre de jugadors (2 o 3 jugadors), majors eren els valors de càrrega externa respecte aquells amb major nombre de jugadors (4 o 5 jugadors), independentment de l'espai de pista. Resultats semblants s'han obtingut pel que fa a la càrrega interna i al nombre de jugadors (2 jugadors respecte a 3-5) (Delextrat & Kraiem, 2013; Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, Ben Abdelkrim & Manzi, 2011; Conte, Favero, Niederhausen, Capranica & Tessitore, 2017; Conte, Favero, Niederhausen, Capranica & Tessitore, 2016; Klusemann, Pyne, Foster & Drinkwater, 2012; Clemente, Gonzalez-Villora, Delextrat, Martins & Vicedo, 2017; Vaquera, Suarez-Iglesias, Guiu, Barroso & Thomas, 2018; citat a O'Grady et al., 2020). Pel que fa a l'àrea

de joc utilitzada, aquells que es duïen a terme a tota la pista comportaven majors valors de càrrega, tant interna com externa, que els que es duïen a terme a mitja pista (Vazquez-Guerrero, Reche, Cos, Casamichana & Sampaio, 2018; Atli, Koklu, Alemdaroglu & Kocak, 2013; Klusemann, Pyne, Foster & Drinkwater, 2012 citat a O'Grady et al., 2020). Altrament, l'efecte de la disposició de l'equip al camp, la relació temps de treball/temps de descans, el moment de joc (fase ofensiva o defensiva) i les normes del joc, són altres aspectes estudiats i que condicionen les demandes que suposen aquests exercicis (Leite, Gonçalves, Saiz & Sampaio, 2015; Sansone, et al., 2018; Conte et al., 2016; Klusemann et al., 2012; Clemente et al., 2017; Conte, Favero, Niederhausen, Capranica & Tessitore, 2015; Leite, Gonçalves, Saiz & Sampaio, 2013; citat a O'Grady et al., 2020).

La microtecnologia (i.e. acceleròmetres), s'ha observat com a un mètode vàlid per a quantificar la càrrega externa en diversos esports d'equip (Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román & Castagna, 2013; Castellano, Casamichana & Dellal, 2013; Montgomery, Pyne & Minahan, 2010; Scott, Lockie, Knight, Clark & Janse de Jonge, 2013) i concretament en el bàsquet (Fox, Stanton & Scanlan, 2018; Scanlan, Wen, Tucker & Dalbo, 2014; Schelling & Torres-Ronda, 2016), essent Player Load (PL) la variable més utilitzada (Barrett, Midgley & Lovell, 2014). Per altra banda, aquests sistemes ens proporcionen altra informació com IMA (*Inertial Movement Analysis*), poc estudiada en el seu conjunt, però que engloba tant les acceleracions com el giroscopi de manera triaxial. Quant a la càrrega interna, la freqüència cardíaca (FC) i els models que en deriven (i.e.

TRIMP i SHRZ), tot i les seves limitacions, han sigut àmpliament utilitzades per a determinar aquesta, juntament amb el *rate of perceived exertion* (RPE) (Fox, Scanlan & Stanton, 2017). La FC també pot ser una dada vàlida per a determinar la contribució aeròbica durant un determinat exercici i la intensitat d'aquest (Abdelkrim, Castagna, El Fazaa & El Ati, 2010; Abdelkrim, El Fazaa & El Ati, 2007; citat a Fox et al., 2017).

La relació entre la càrrega externa i interna és important per a tenir una visió holística del procés d'entrenament i poder així tenir informació valuosa sobre si s'ha obtingut l'estímul esperat (càrrega externa) i quina ha sigut la resposta de l'esportista a aquest (càrrega interna) (Scott et al., 2013). També ens ajuda a valorar amb major precisió el risc de lesió o sobreentrenament i regular el procés d'entrenament per tal d'assolir els objectius plantejats (Piedra, Peña & Caparrós, 2021). Part de la recerca existent de la càrrega externa en el bàsquet s'ha centrat en el *time-motion analysis* (TMA), havent-hi una manca vers l'accelerometria (O'Grady et al., 2020), que tot i presentar limitacions per a quantificar aquelles accions estàtiques que no requereixen acceleracions, la seva precisió, validesa i sensibilitat és major que el TMA (Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, Ibáñez & Pino-Ortega, 2020), tot i això, la relació entre les dades obtingudes per aquesta tecnologia creixen i altres sistemes de mesura de la càrrega interna, han sigut poc explorades (Scanlan et al., 2014; Svilar, Castellano & Jukic, 2018).

L'objectiu de l'estudi és comparar, descriure i relacionar la càrrega interna i externa dels exercicis 2c2, 3cX, 4cX i 5cX, a partir de la demanda cardiovascular i l'accelerometria, variant el nombre de jugadors (amb i sense

contacte amb igualtat numèrica) i l'espai de pista (mitja pista (0.5) i una pista i mitja (1.5)). La hipòtesi és que les tasques amb oposició i que es duen a terme a més d'una pista seran les més demandants físicament i fisiològicament, així com el 2c2 i el 5c5, considerant només aquelles que es duen a terme a mitja pista. Per a l'objectiu i la hipòtesi s'ha tingut en compte la bibliografia exposada i la manca de recerca envers la demanda física i fisiològica dels exercicis de contacte i no contacte en el bàsquet d'elit (Schelling & Torres-Ronda, 2016).

Mètodes

Participants

Quinze jugadors de bàsquet professional de la lliga Leb Or, nou d'ells de perímetre i sis interiors (edat: 24 ± 4.6 ; alçada: 196.5 ± 9.7 m; pes: 89.15 ± 13.5 kg), van ser registrats durant els entrenaments dins els períodes precompetitiu i competitiu (setembre-febrer). Tres d'ells (un base i dos escortes) van marxar del club entre el quart i el sisè mes i dos (un base i un escorta) van arribar entre el quart i cinquè mes. Tots ells van participar en la investigació de forma voluntària i se'ls hi va comunicar les intencions del monitoratge.

Disseny de l'estudi

Estudi descriptiu, longitudinal i observacional que es va dur a terme a un equip professional de la lliga Leb Or Espanyola durant la temporada 2020-2021. Les dades van ser recollides en els entrenaments, dins els períodes precompetitiu i competitiu (setembre-febrer), sumant un total de 141 entrenaments i 1117 exercicis. Totes les sessions tenien l'escalfament estandarditzat, el qual, juntament amb els altres exercicis que no eren d'interès

per l'estudi van ser desestimats (total d'exercicis analitzats: 421).

Els exercicis es van dur a terme sempre a la mateixa pista i amb condicions ambientals similars. Aquests no van ser modificats pels investigadors on l'entrenador va ser el mateix durant tot el període estudiat. Aquest donava instruccions verbals usuals i permetia consumir aigua als jugadors en els períodes de recuperació.

Registre de variables

Les dades es van registrar per mitjà dels dispositius Catapult Innovation T6® (Melbourne, Austràlia), que consten d'acceleròmetre, giroscopi i brúixola digital i la banda de pit Polar H10® (Polar, Kempele, Finlàndia). Durant els entrenaments, cada cop que es canviava l'exercici s'anotava manualment en el programa indicant-ne la tipologia, el nombre de jugadors i l'espai de pista. També es considerava canvi d'exercici després de la recuperació per anar a veure aigua.

La càrrega externa s'ha calculat per mitjà del sistema de Catapult Innovations T6® (Melbourne, Austràlia), on s'han obtingut i analitzat les variables Player Load minut⁻¹ (PLm) i IMA minut⁻¹ (IMAm), essent relatives a la duració de l'exercici i no al temps total de sessió, tal com ho realitza el programa.

Player Load (PL), va ser registrat a partir d'un acceleròmetre tri-axial amb freqüència de 100Hz, essent una variable que no requereix GPS i que mesura l'acceleració en els tres plans de moviment del jugador, per mitjà de la fórmula corresponent (Casamichana & Castellano, 2015). La fiabilitat d'aquesta variable ha sigut prèviament avaluada per (Akenhead, Hayes, Thompson, & French, 2013; Varley, Fairweather, & Aughey, 2012). Pel que fa a l'IMA, també és una variable independent del

GPS, poc utilitzada en el seu conjunt i que engloba els valors d'acceleracions (de -45° a 0° i de 0° a 45°) i desacceleracions (de 135° a 180° i de -180° a -135°), juntament amb els canvis de direcció (de -135° a -45° i de 45° to 135°). Les dues variables s'han fet relatives a la duració de cada exercici, per a poder-les comparar.

La càrrega interna i intensitat de l'exercici van ser registrades a partir de la banda de Polar H10® (Polar, Kempele, Finlàndia) obtenint els valors de FC. Aquestes dades van ser transferides al software *Openfield* v3.3.0 (Built #66145, Catapult, Canberra), el qual ens proporciona els valors de freqüència cardíaca mitja i màxima. La FC mitja (HRav), a coneixença dels autors és poc utilitzada per al control de la càrrega interna, tot i això, s'ha utilitzat en alguns casos per a comparar la intensitat de diferents exercicis (Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, Ben Abdelkrim & Manzi, 2011; Anne Delextrat & Kraiem, 2013; Sampaio, Abrantes & Leite, 2009; Torres-Ronda, Ric, Llabres-Torres, de Las Heras & Schelling I Del Alcazar, 2016). Una altra forma d'expressar la intensitat i que també utilitzarem en l'estudi és a partir de la FC màxima (HR_{max}) (Russell, McLean, Impellizzeri, Strack & Coutts, 2021).

Anàlisi estadística

L'anàlisi estadística es va realitzar per mitjà del programa SPSS (versió 25 per Mac, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). L'estudi descriptiu es presenta amb la mitjana i la desviació estàndard (\pm SD).

La normalitat i homogeneïtat de les dades s'ha calculat a partir dels tests Shapiro Wilk ($n > 50$) i el Kolmogorov-Smirnov ($n < 50$), desestimant de l'anàlisi aquelles variables que no complien normalitat (PL, Duració i PLm del 4c4

(1.5)). La relació entre les variables es va dur a terme a partir de la correlació de Pearson amb un interval de confiança del 95%. La magnitud dels coeficients de la correlació seguint el model de Schober & Schwarte (2018), es va considerar trivial ($r < .1$), baixa ($.1 < r < .39$), moderada ($.4 < r < .69$), alta ($.7 < r < .89$), molt alta ($.9 < r < 1$). La significació estadística es va establir a $p < .01$.

Resultats

La mitjana i la desviació estàndard de les variables utilitzades a l'estudi, incloent-hi Player Load i la duració corresponent, per a valorar la càrrega externa i interna dels exercicis analitzats, es presenten a la taula 1. També s'especifica el nombre de mostres de cadascun d'ells (n).

Podem observar que els valors IMAm, HRav i HR_{max} són majors per aquelles tasques amb oposició. Els que presenten els valors més elevats IMAm i HRav són el 5c5 (1.5) i 3c3 (0.5) (10.14 ± 1.22 i 152.61 ± 6.84 ; 9.85 ± 2.57 i 148.64 ± 10.92 respectivament), seguit pel 5c5 (0.5) i el 2c2 (0.5) respectivament (9.80 ± 1.80 i 146.90 ± 8.21 ; 9.32 ± 1.02 i 145.47 ± 6.84). Aquests resultats són diversos quant a HR_{max}, on els exercicis amb més demanda són aquells que es duen a terme a tota la pista (4c4 (1.5): 193.65 ± 8.72 ; 5c5 (1.5): 193.64 ± 6.53), seguits pels mateixos exercicis a mitja pista (4c4 (0.5): 189.86 ± 7.94 i 5c5 (0.5): 188.76 ± 7.03). La variable PLm, segueix els resultats esmentats per la variable HR_{max} amb algunes modificacions. El 5c5 (1.5) obté el valor més elevat (77.50 ± 7.81), seguit pel 4c4 (1.5) (72.28 ± 6.90), diferenciant-se del 2c2 (0.5), 5c5 (0.5) i 3c0 (0.5) respectivament (67.92 ± 5.39 ; 67.81 ± 10.04 ; 66.10 ± 13.39). Dins els exercicis sense oposició, tant la variable IMAm com les de FC (HRav i HR_{max}.) ens mostren que l'exercici 3c0 (0.5) és el que

Taula 1. Mitjana, desviació estàndard (SD) i nombre de registres (n) de les diferents variables internes i externes dels exercicis analitzats.

Exercici	n	Variables	Mitjana	SD
2c2 (0.5)	21	TPL	683.12	162.21
		PLm	67.92	5.39
		IMAm	9.32	1.02
		Hrav	145.47	6.84
		HRmax	185.10	5.37
3c0 (0.5)	31	DUR	10.08	2.33
		TPL	698.95	400.36
		PLm	66.10	13.39
		IMAm	7.78	1.55
		Hrav	131.89	10.63
3c3 (0.5)	24	HRmax	172.42	15.49
		DUR	10.41	5.46
		TPL	510.52	245.55
		PLm	63.03	11.03
		IMAm	9.85	2.57
4c0 (0.5)	23	Hrav	148.64	10.92
		HRmax	185.58	8.61
		DUR	8.48	5.02
		TPL	623.55	314.58
		PLm	60.01	7.27
4c4 (0.5)	37	IMAm	6.91	1.31
		Hrav	128.73	8.93
		HRmax	171.61	12.25
		DUR	10.37	4.90
		TPL	726.12	333.38
4c4 (1.5)	23	PLm	58.64	7.60
		IMAm	9.17	1.69
		Hrav	142.84	9.05
		HRmax	189.86	7.94
		DUR	12.40	5.24
5c0 (0.5)	89	TPL	1072.98	357.56
		PLm	72.28	6.90
		IMAm	9.23	1.36
		Hrav	145.30	5.86
		HRmax	193.65	8.72
5c5 (0.5)	104	DUR	14.89	5.03
		TPL	796.67	476.37
		PLm	64.60	8.94
		IMAm	6.91	1.23
		Hrav	129.71	8.76
5c5 (1.5)	69	HRmax	171.15	12.14
		DUR	12.05	6.78
		TPL	909.25	501.24
		PLm	67.81	10.04
		IMAm	9.80	1.80
		Hrav	146.90	8.21
		HRm	188.76	7.03
		DUR	13.40	7.23
		TPL	1124.17	591.57
		PLm	77.50	7.81
		IMAm	10.14	1.22
		Hrav	152.61	6.23
		HRm	193.64	6.53
		DUR	14.70	7.95

Nota: TPL = total Player Load; PLm = Player Load minut⁻¹, IMAm = “*Inertial Movement Analysis*” minut⁻¹; HRav = mitjana de la freqüència cardíaca; HRmax = freqüència cardíaca màxima; DUR = duració.

presenta els valors més elevats (7.78 ± 1.55 , 148.64 ± 10.92 i 185.58 ± 8.61), seguit pel 5c0 (0.5) (9.80 ± 1.80 , 146.90 ± 8.21 i 188.76 ± 7.03) i el 4c4 (0.5) (6.91 ± 1.31 , 128.73 ± 8.93 , 171.61 ± 12.25) respectivament.

La taula 2 mostra la correlació de Pearson d'aquelles variables que complien el test de normalitat, comparant la càrrega interna i externa entre elles dins un mateix exercici i entre exercicis. Observem que la relació entre exercicis és trivial o baixa, menys en casos puntuals com PLm 2c2 (0.5) amb totes les variables del 5c0 (0.5) (.546*, .611** i .465*; correlació moderada amb $p < .05$ en la primera i última i de $p < .01$ en la segona) o la relació negativa entre IMAm del 2c2 (0.5) amb IMAm i el HRav del 4c4 (0.5) (-.496* i -.477* respectivament). Tot i això, totes les correlacions existents són moderades amb predomini de $p < .05$ i puntualment amb $p < .01$. Quant a la correlació entre variables dins un mateix exercici, aquesta és moderada o alta entre IMAm i HRav en totes elles amb significació de $p < .01$. PLm ha mostrat correlació moderada i en casos puntuals alta (i.e. 5c0 (0.5) i 5c5 (0.5)) amb IMAm en quasi tots els exercicis, menys en el 3c3 (0.5) i 4c0 (0.5) ($p < .01$ en tots ells; 2c2 (0.5): $p < .05$). PLm i HRav només han mostrat correlació en els exercicis de 5c0 i 5c5 (0.5 i 1.5), sent baixa pel primer i l'últim i moderada pel restant ($p < .01$).

Discussió

L'objectiu de l'estudi és comparar, descriure i relacionar els valors de càrrega externa i interna de diferents exercicis realitzats en els entrenaments d'un equip professional, variant el nombre de jugadors (amb i sense contacte amb igualtat numèrica) i l'espai de pista (mitja pista i una pista i mitja) on, a partir de les dades obtingudes, la

hipòtesi es compleix en part en funció de les variables analitzades.

Els resultats descriptius ens mostren la tendència dels exercicis de contacte a ser més demandants tant físicament com fisiològicament, a excepció d'alguna variable. Aquest fet es deu principalment a l'augment en la presa de decisions i als requisits tècnics, tàctics i condicionals propis de la similitud amb la competició (Halouani et al., 2014; Schelling & Torres-Ronda, 2013). En referència a l'espai de pista, comparant els exercicis amb el mateix nombre de jugadors (i.e. 4c4 i 5c5), tant la càrrega interna com externa és major en els que es duen a pista i mitja respecte als de mitja pista. Aquests resultats reforcen els obtinguts per (Schelling & Torres-Ronda, 2016; Vazquez-Guerrero et al., 2018), quant a la càrrega externa i Atlı, Köklü, Alemdaroğlu & Koçak (2013) i Klusemann, Pyne, Foster & Drinkwater (2012), per a la interna.

Si analitzem les variables IMAm i HRav la demanda és major en el 5c5 (1.5) i el 3c3 (0.5), seguit pel 5c5 (0.5) i el 2c2 (0.5), reforçant els resultats obtinguts prèviament per Schelling & Torres-Ronda (2016), tot i que en el seu cas només analitzaven la càrrega externa i ho feien a partir de les acceleracions de forma triaxial, sense incloure el giroscopi. Un altre estudi dut a terme pel mateix grup de recerca, també determina que els exercicis amb els valors més elevats de HRav, són el 3c3 i 5c5 (Torres-Ronda et al., 2016). Altres estudis han mostrat resultats diversos al voltant d'aquesta última variable, essent el 2c2 lleugerament superior respecte al 3c3 o el 5c5 (Castagna et al., 2011; Anne Delextrat & Kraiem, 2013; Klusemann et al., 2012).

PLm i HR_{max} presenten efectes diversos a les altres dues variables. HR_{max} és major per a aquells exercicis que es duen

a terme a pista i mitja (5c5 (1.5) i 4c4 (1.5)), seguits pels mateixos exercicis a mitja pista (4c4 (0.5) i 5c5 (0.5)), observant com l'espai de pista, l'oposició i el nombre de jugadors determinen els valors d'aquesta. Així doncs, considerant aquelles accions a espai reduït (0.5), els exercicis més demandants són els de major nombre de jugadors, seguit pels de menor nombre (2c2 (0.5) i 3c3 (0.5)). Aquests resultats no concorden amb la bibliografia actual (Atli et al., 2013; Klusemann et al., 2012; Torres-Ronda et al., 2016) i una possible explicació pot ser perquè aquests analitzen HRpeak, essent un percentatge de la màxima per a cada jugador i no com a valor absolut. HR_{max}, com a valor absolut, és major en el present article que en l'estudi de Torres-Ronda et al. (2016) i Dehesa, Vaquera, García-Tormo & Bayón (2015). Aquest fet es pot deure a la intervenció dels entrenadors (Sanchez-Sanchez et al., 2018) o, tot i tenir un nombre semblant tant de jugadors de perímetre com d'interiors, a la variabilitat dels nivells de càrrega per a cada posició (Portes, Navarro, Sosa, Trapero, & Jiménez, 2019).

PLm, segueix la tendència de la variable HR_{max}, pel que fa al 5c5 (1.5) i al 4c4 (1.5), diferenciant-se d'aquells que es duen a terme a mitja pista (5c5 (0.5), 2c2 (0.5) i 3c0 (0.5)). Respecte als exercicis de mitja pista, reforcen els resultats obtinguts per Schelling & Torres-Ronda (2016) on, mitjançant l'accelerometria, el 5c5 (0.5) i el 2c2 (0.5) són els més demandants. Aquests justifiquen els mateixos autors que per una part compleixen amb el principi de SSG, on a menor nombre de jugadors major és la intensitat (2c2 (0.5)) (Castagna et al., 2011; O'Grady et al., 2020) i pel que fa al 5c5 (0.5) ho vinculen a la seva validesa ecològica. Tot i això, els resultats d'aquesta variable en l'estudi, mostren com la càrrega de les

acceleracions, desacceleracions i salts, és major en determinats casos sense contacte que amb contacte, contràriament a la visió actual i utilitat d'aquests exercicis tal com apunten i han conclòs Ballesta, Abruñedo & Caparrós (2019).

La relació entre variables externes i internes ha sigut poc analitzada prèviament en el bàsquet. Scanlan et al. (2014) han observat correlacions significatives entre la càrrega externa i sRPE (RPE de la sessió), TRIMP o SHRZ, durant els entrenaments en vuit jugadors semiprofessionals. Svilar, Castellano & Jukic (2018), també reforcen aquesta vinculació amb la càrrega externa (PL) i sRPE en jugadors professionals. Contrariment als resultats obtinguts per a aquests autors, el present estudi mostra una relació significativa entre les variables IMAm i HRav de tots els exercicis, però no és així quan comparem HRav amb PLm. Aquest fet es creu que pot ser degut a la naturalesa intervènica del bàsquet i l'estrès que suposen les desacceleracions i els canvis de direcció en el joc respecte a les acceleracions o els salts (Svilar et al., 2018). La relació entre PLm i IMAm és significativa en quasi tots ells, sent moderada o alta, fet que el vinculem a la utilització de les acceleracions i desacceleracions per ambdues fórmules.

Finalment, la relació entre exercicis, a coneixença dels autors, no ha sigut estudiada fins al moment. Els resultats ens mostren significació en determinades variables, però no són conclouents. Cal destacar la relació moderada entre PLm del 2c2 (0.5) amb totes les variables del 5c0 (0.5).

Per a futures investigacions, s'hauria d'aprofundir en la relació entre la càrrega interna i externa mitjançant l'accelerometria i els sistemes microsensors, considerant l'IMA en el

seu conjunt o per separat, la FC i els models que en deriven (i.e. TRIMP i SHRZ) o sRPE i les accions d'alta intensitat, complementant així la variable PL com a variable estrella. També, els exercicis de no contacte, tot i utilitzar-se en l'escalfament o sense finalitats intensives (Ballesta et al., 2019), requereixen més estudi perquè poden presentar valors d'accelerometria elevats i per tant, presentar una fatiga residual que dificulti aprenentatges posteriors o l'adaptació al mateix entrenament (Aoki et al., 2016; Montgomery, Pyne and Mi-nahan 2010; Peterson & Quiggle, 2017; Reina, Mancha, Feu & Ibáñez, 2017; Scanlan, Wen, Tucker & Dalbo, 2014; Torres-Ronda, Ric, Llabres, De las Heras & Sche-lling, 2016, citat a Portes, Navarro, Sosa, Trapero & Jiménez, 2019). També, seria interessant valorar la implicació d'accions específiques (i.e. canvis de direcció) que es tenen en compte en l'IMA, la vinculació amb la FC i quina és la seva relació variant el nivell d'oposició i/o l'espai de pista.

Les limitacions de l'estudi són en primer lloc el baix nombre de jugadors i de mostres d'alguns dels exercicis. Per altra banda, trobem el fet de no disposar de la freqüència cardíaca màxima (HR_{max}) obtinguda mitjançant un test específic, sigui amb prova d'esforç o test de camp, que ha dificultat la comparació amb articles existents i la relativització de les dades, impeding així la utilització dels models de FC. També, la col·locació de l'acceleròmetre s'ha vist que pot condicionar la precisió en el registre de dades (Cleland et al., 2013), on els nostres esportistes la portaven mitjançant una malla que situava el dispositiu a l'esquena entre les espatlles (Catapult Sports, Austràlia). Finalment, el fet de no aturar el registre per aquells jugadors que estaven a l'espera de realitzar l'exercici o el no controlar el

feedback dels entrenadors o el disseny de les tasques, poden comportar resultats erronis o poc extrapolables a altres contextos.

Conclusions

Els resultats obtinguts en aquest estudi mostren la demanda de l'entrenament tant interna com externa d'aquest equip i per tant, ens proporcionen una informació molt vàlida d'aquest procés (tendència d'exercicis o càrrega d'aquests). Tot i la relació dels resultats amb la bibliografia existent, poden no ser extrapolables a altres contextos fora de l'àmbit professional o fins i tot a altres equips del mateix nivell.

La modificació de diferents paràmetres en els SSG com l'àrea de joc, el nombre de jugadors, la ràtio (temps de treball/temps de descans), les normes del joc, aspectes tàctics o la disposició dels jugadors en el camp, poden manipular la demanda interna i externa que experimenten els jugadors. Tot i això, les tasques de no contacte s'han de tenir en compte a l'hora de programar els entrenaments degut als valors de PL_m, sovint majors que els exercicis amb oposició. També, la relació entre IMAM i HR_{av}, tant en l'anàlisi descriptiva com correlacional, mostren la importància de tenir en compte aquelles accions específiques del joc i no només les acceleracions, desacceleracions i salts que ens proporciona el PL.

A partir de la bibliografia consultada i els resultats descriptius, hem pogut refermar com els exercicis amb menor nombre de jugadors (2c2 o 3c3) els valors de càrrega són majors (O'Grady et al., 2020), menys en el cas del 5c5, que es veu influenciat per a la proximitat que té amb el joc real (Schelling & Torres-Ronda, 2016). Aquest fet també es veu reflectit en l'espai de joc (a major espai,

majors valors de càrrega) (O'Grady et al., 2020).

Els resultats obtinguts ens mostren com la variable PLm, sembla a ser que augmenta a major espai de joc i amb menor nombre jugadors, malgrat això, el fet de ser amb contacte o sense no sembla determinant, ja que els exercicis sense oposició han obtingut valors més elevats que altres amb oposició. HR_{max} , tot i seguir la tendència de PLm en referència a l'espai de pista, mostra resultats contraris pel que fa a l'oposició (exercicis amb oposició valors més elevats que els de sense). En canvi, la demanda IMAm i HR_{av} , és major quan hi ha oposició respecte als de sense, sent els exercicis amb menor nombre de jugadors els que més demanda presenten, juntament amb el 5c5 (1.5). Tot i això, l'espai de pista no sembla determinant pel que fa als seus valors.

Agraïments

A la meva família i en especial a la meva mare pel seu suport i guiatge en tots aquells moments que més ho necessitava, el meu pare per l'estima i la implicació en el meu procés educatiu i al meu germà per a ser un company de vida. També vull agrair a en Pepe, la Lorea, en Robert, l'Hèctor, l'Ivan, l'Àlicia, en Sergi, en Nèstor, en Llorenç, l'Albert, i tots aquells companys que m'han ajudat a créixer al llarg dels anys i que sense ells aquest projecte no hagués estat possible.

A tot l'equip tècnic del Bàsquet Girona i als jugadors del primer equip per oferir-me la possibilitat de dur a terme aquest treball. Cal destacar el suport de l'Arnau, el preparador físic, tant en les correccions puntuals com per a l'elaboració i creació d'aquest.

Finalment vull agrair al meu tutor el Dr. Josep Campos Rius i a tots aquells professors que m'han ajudat a nodrir la meva curiositat i a créixer tant

intel·lectualment com personalment en tots els àmbits de la meva vida.

Bibliografia

- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V., & Sampaio, J. (2012). A review on the effects of soccer small-sided games. *Journal of Human Kinetics*, 33, 103-113. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0049-x>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.005>
- Atlı, H., Köklü, Y., Alemdaroğlu, U., & Koçak, F. Ü. (2013). A comparison of heart rate response and frequencies of technical actions between half-court and full-court 3-a-side games in high school female basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 352-356. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182542674>
- Ballesta, A. S., Abruñedo, J., & Caparrós, T. (2019). Accelerometry in basketball. Study of external load during practice. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, (135), 100-117. [https://doi.org/10.5672/APUNTS.2014-0983.CAT.\(2019/1\).135.07](https://doi.org/10.5672/APUNTS.2014-0983.CAT.(2019/1).135.07)
- Barrett, S., Midgley, A., & Lovell, R. (2014). PlayerLoad™: Reliability, convergent validity, and influence of unit position during treadmill running. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 945-952. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0418>
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2015). The Relationship between Intensity Indicators in Small-Sided Soccer Games. *Journal of Human Kinetics*, 46(1), 119-128. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0040>
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 369-374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182548af1>
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Ben Abdelkrim, N., & Manzi, V. (2011). Physiological responses to ball-drills in regional level male basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 29(12), 1329-1336. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.597418>
- Castellano, J., Casamichana, D., & Dellal, A. (2013). Influence of game format and number of players on heart rate responses and physical demands in small-sided soccer games. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1295-1303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318267a5d1>
- Cleland, I., Kikhia, B., Nugent, C., Boytsov, A., Hallberg, J., Synnes, K., ... Finlay, D. (2013). Optimal placement of accelerometers for the detection of everyday activities. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 13(7), 9183-9200. <https://doi.org/10.3390/s130709183>
- Dehesa, R., Vaquera, A., García-Tormo, J. V., & Bayón, P. (2015). Heart rate analysis of high level basketball players during training sessions. *Revista de Psicología del Deporte*, 24(3), 17-19.

- Delextrat, A., & Martinez, A. (2014). Small-sided game training improves aerobic capacity and technical skills in basketball players. *International Journal of Sports Medicine*, 35(5), 385-391. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1349107>
- Delextrat, Anne, & Kraiem, S. (2013). Heart-rate responses by playing position during ball drills in basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(4), 410-418. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.4.410>
- Fox, J., Conte, D., Stanton, R., Mclean, B., & Scanlan, A. (2020). The Application of Accelerometer-Derived Moving Averages to Quantify Peak Demands in Basketball: A Comparison of Sample Duration, Playing Role, and Session Type. *The Journal of Strength and Conditioning Research, Publish Ah*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003486>
- Fox, J. L., Scanlan, A. T., & Stanton, R. (2017). A Review of Player Monitoring Approaches in Basketball: Current Trends and Future Directions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 2021-2029. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001964>
- Fox, J. L., Stanton, R., & Scanlan, A. T. (2018). A Comparison of Training and Competition Demands in Semiprofessional Male Basketball Players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 89(1), 103-111. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1410693>
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Ibáñez, S. J., & Pino-Ortega, J. (2020). Accelerometry as a method for external workload monitoring in invasion team sports. A systematic review. *PLoS ONE*, 15(8 August), 1-25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236643>
- Halouani, J., Chtourou, H., Gabbett, T., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2014). Small-sided games in team sports training: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), 3594-3618. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000564>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44, 139-147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- 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 (Auckland, N.Z.)*, 41(3), 199-220. <https://doi.org/10.2165/11539740-000000000-00000>
- Klusemann, M. J., Pyne, D. B., Foster, C., & Drinkwater, E. J. (2012). Optimising technical skills and physical loading in small-sided basketball games. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1463-1471. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.712714>
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387-397. <https://doi.org/10.1080/02640419508732254>

- 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.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.5.1.75>
- Narazaki, K., Berg, K., Stergiou, N., & Chen, B. (2009). Physiological demands of competitive basketball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(3), 425-432.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00789.x>
- O'Grady, C. J., Fox, J. L., Dalbo, V. J., & Scanlan, A. T. (2020). A systematic review of the external and internal workloads experienced during games-based drills in basketball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(5), 603-616.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0785>
- Piedra, A., Peña, J., & Caparrós, T. (2021). Monitoring Training Loads in Basketball. *Strength & Conditioning Journal, Publish Ah*(February).
<https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000620>
- Portes, R., Navarro, R. M., Sosa, C., Trapero, J. J., & Jiménez, S. L. (2019). Monitoring and interpreting external load in basketball: A narrative review. *Revista de Psicología del Deporte*, 28(3), 119-131.
- Román, M. R., García-Rubio, J., Feu, S., & Ibáñez, S. J. (2019). Training and competition load monitoring and analysis of women's amateur basketball by playing position: Approach study. *Frontiers in Psychology*, 9(JAN), 1-11.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02689>
- Russell, J. L., McLean, B. D., Impellizzeri, F. M., Strack, D. S., & Coutts, A. J. (2021). Measuring Physical Demands in Basketball: An Explorative Systematic Review of Practices. En *Sports Medicine* (Vol. 51).
<https://doi.org/10.1007/s40279-020-01375-9>
- Sampaio, J., Abrantes, C., & Leite, N. (2009). Power, heart rate and perceived exertion responses to 3X3 and 4X4 basketball small-sided games. *Revista de Psicología del Deporte*, 18(SUPPL.), 463-467.
- Sanchez-Sanchez, J., Carretero, M., Valiente, J., Gonzalo-Skok, O., Sampaio, J., & Casamichana, D. (2018). Heart rate response and technical demands of different small-sided game formats in young female basketballers. [Respuesta de la frecuencia cardíaca y demanda técnica en diferentes formatos de juegos reducidos realizados por jugadoras jóvenes de baloncesto. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 14(51), 55-70.
<https://doi.org/10.5232/ricyde2018.05105>
- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., & Dalbo, V. J. (2014). The relationships between internal and external training load models during basketball training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2397-2405.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000458>
- Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2013). Conditioning for basketball: Quality and quantity of training. *Strength and Conditioning Journal*, 35(6), 89-

94.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000000000018>
- Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2016). Accelerometer Load Profiles for Basketball-Specific Drills in Elite Players. *Journal of sports science & medicine, 15*, 585-591.
- Schober, P., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia and Analgesia, 126*(5), 1763-1768.
<https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & Janse de Jonge, X. A. K. (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.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.8.2.195>
- Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2018). Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. *Kinesiology, 50*, 25-33.
<https://doi.org/10.26582/k.50.1.4>
- Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2019). Comparison of 5vs5 Training Games and Match-Play Using Microsensor Technology in Elite Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research, 33*(7), 1897-1903.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002826>
- Torres-Ronda, L., Ric, A., Llabres-Torres, I., de Las Heras, B., & Schelling I Del Alcazar, X. (2016). Position-Dependent Cardiovascular Response and Time-Motion Analysis During Training Drills and Friendly Matches in Elite Male Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 30*(1), 60-70.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001043>
- Varley, M. C., Fairweather, I. H., & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of Sports Sciences, 30*(2), 121-127.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.627941>
- Vazquez-Guerrero, J., Reche, X., Cos, F., Casamichana, D., & Sampaio, J. (2018). Changes in External Load When Modifying Rules of 5-on-5 Scrimmage Situations in Elite Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research, 34*(11), 3217-3224.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002761>