
ANÀLISIS DEL SALT CMJ COM A INDICADOR DE FATIGA NEUROMUSCULAR EN ELS JUGADORS DE FUTBOL

TREBALL FINAL DE MÀSTER

SAMUEL BLASCO LOMBARTE

DR BERNAT BUSCÀ SAFONT TRIA

29 DE JUNY DE 2020

Índex

1. Introducció	3
2. Marc Teòric.....	4
2.1. Què es la càrrega?	4
2.2. La fatiga i els tipus de fatiga.....	7
2.2.1. Causes que provoquen la fatiga	8
2.3. Què és la fatiga neuromuscular.....	10
2.5. El salt vertical com a indicador	10
2.6. Relació entre la fatiga i el rendiment	12
2.7. Tractaments per prevenir la fatiga	15
2.8. Mètodes.....	17
3. Objectius.....	18
4. Metodologia.....	19
4.1. Mostra.....	19
4.2. Instruments	20
4.3. Anàlisis estadístic	22
5. Resultats.....	23
6. Discussió	27
7. Conclusions.....	31
8. Línies futures de investigació.....	32
9. Reflexions.....	32
10. Agraïments.....	33
11. Bibliografia	34

Resum

L'objectiu d'aquest treball ha estat quantificar si el salt CMJ és un indicador de fatiga neuromuscular en els jugadors de futbol. La hipòtesis principal d'aquesta investigació té com a finalitat veure si existeix una relació entre la càrrega d'entrenament i la fatiga neuromuscular. En aquest estudi han participat un total de 22 futbolistes d'un equip de Primera Catalana. Per poder analitzar la fatiga d'aquests jugadors de futbol, hem disposat de tres tipus de proves diferents: 1. Recuperació del rendiment: Salt CMJ, 2. Sessió d'entrenament: Càrrega aplicada, 3. Aspectes psicològics del jugador: Índex d'esforç percebut (RPE). Es van poder observar diferències significatives al comparar el rendiment amb la fatiga neuromuscular dels subjectes testats. La mitjana de pèrdua entre les sessions d'entrenament ens ha donat que els dimecres ($t=12.41$) són els dies més elevats, comparats amb els dilluns ($t=10.92$) i amb els divendres ($t=11.88$). Si observem en quina sessió els jugadors havien recuperat més, podem dir que són els dilluns ($t=-4.304$), comparat amb els dimecres ($t=-9.922$) i els divendres ($t=-11.46$). Vam comprovar que en l'evolució del temps, els jugadors de futbol van millorar 2,5 punts en el salt CMJ. De les sessions d'entrenament extraïem que no hi han significances, ja que els paràmetres de càrrega d'entrenament i la diferència en el % del salt CMJ no varia gaire, en canvi, en la relació que hi havia per diferenciar les posicions, es va observar que només els jugadors centrals tenien una correlació significativa ($r=3,0331$; $P<0,5$). A la resta de posicions no es van trobar correlacions significatives ($p>0,5$). En conseqüència, i amb l'objectiu d'identificar si el salt CMJ és un indicador de fatiga neuromuscular, és important considerar la valoració de les diferents capacitats neuromusculars dels jugadors de futbol.

Paraules clau: Fatiga neuromuscular, Salt CMJ, Càrrega d'entrenament, RPE.

Abstract

The aim of this study is to quantify whether the CMJ jump is an indicator of neuromuscular fatigue in football players. The main hypothesis of this research is to see if there is a relationship between training load and neuromuscular fatigue. A total of 22 footballers from a Primera Catalana team took part in this study. In order to analyze the fatigue of these football players, we have three different types of tests: 1. Performance recovery: Jumping CMJ, 2. Training session: Load applied, 3. Psychological aspects of the player: Index of perceived effort (RPE). Significant differences could be observed when comparing performance with neuromuscular fatigue of the tested subjects. The average loss between training sessions has given us that Wednesdays ($t = 12.41$) are the highest days, compared to Mondays ($t = 10.92$) and Fridays ($t = 11.88$). If we look at which session the players had recovered the most, we can say that they are on Mondays ($t = -4.304$), compared to Wednesdays ($t = -9.922$) and Fridays ($t = -11.46$). We found that over time, football players improved 2.5 points in the CMJ jump. From the training sessions we extract that there are no meanings, since the training load parameters and the difference in the% of the CMJ jump do not vary much, however, in the relationship that was there to differentiate the positions, observed that only central players had a significant correlation ($r = 3.0331$; $P < 0.5$). No significant correlations were found in the other positions ($p > 0.5$). Consequently, and in order to identify whether the CMJ jump is an indicator of neuromuscular fatigue, it is important to consider the assessment of the different neuromuscular abilities of football players.

Keywords: Neuromuscular Fatigue, Vertical Jump (CMJ), Training Load, RPE, Football

1. Introducció

Avui en dia el principal problema dels preparadors físics en l'esport és aconseguir que els seus esportistes es lesionin el mínim possible i aconseguir que estiguin preparats per les demandes de les competicions.

Per prevenir aquestes lesions realitzem diferents càrregues en les sessions d'entrenament, segons el període de competició, segons el rival i segons l'objectiu. Però, si ens endinsem dintre de la nomenclatura ens trobem en un problema, ja que en l'esport hi tenim una preocupació i problemàtica a l'hora de definir la càrrega de la sessió d'entrenament i veure quines implicacions hi té en la sessió.

Un altre dels aspectes que també és rellevant per a la càrrega de la sessió, és la fatiga de l'esportista, que aquesta varia segons els fisiòlegs musculars. Sovint descriuen la fatiga simplement com una aguda disminució induïda per l'exercici de la força muscular (Kincker, Renshaw, Oldham i Camis, 2011). En canvi, Thorpe, R. T. (2015) tracta la fatiga com la impossibilitat de generar una força requerida i esperada, produïda o no per un exercici precedent.

Si fem recerca, trobem que hi ha diferents mètodes per controlar la càrrega d'entrenament a diferents nivells, tant en el sistema nerviós central com en el sistema nerviós perifèric. Trobem mètodes com el RPE (Índex d'esforç percebut), la Freqüència cardíaca o els GPS (Global Positioning System), però aquests mecanismes no són molt útils per explicar quina és la càrrega que pateix el Sistema Neuromuscular durant la sessió, perquè en els esports de situació y en aquest cas el futbol, la càrrega neuromuscular és una de les més importants, ja que permet donar qualitat a les accions més rellevants del joc i per tant, la investigació a realitzar és quantificar aquesta càrrega neuromuscular a partir de diferents mètodes com el salt de CMJ (Counter Movement Jump).

En el futbol les accions són molt explosibles i el múscul ha de estar preparat per les exigències demandades. Hi ha una sèrie de lesions molt importants a causa d'aquesta fatiga neuromuscular, com per exemple, els trencaments dels isquiotibials que pateixen molts futbolistes. Per aquest motiu, les lesions són la raó per la qual volem quantificar la càrrega.

En aquesta recerca tractarem principalment els efectes que té una sessió d'entrenament sobre el salt CMJ com un indicador de fatiga neuromuscular en la recuperació del rendiment físic percebut en els jugadors de futbol.

2. Marc Teòric

2.1. Què és la càrrega?

S'entén per càrrega el conjunt d'exigències biològiques i psicològiques provocades per les activitats d'entrenament que produeixen desgast, diferents alteracions fisiològiques i alteració de l'equilibri homeostàtic.

La càrrega proposada és el conjunt d'estímuls a través dels quals s'expressa la càrrega real. Aquests estímuls constitueixen l'entrenament al què s'enfronta l'esportista de manera sistemàtica. S'espera que aquesta càrrega provoqui les modificacions funcionals, bioquímiques, morfològiques i físiques que s'han programat en dissenyar la càrrega real. La interrelació entre els dos tipus de càrrega constitueix l'essència de l'entrenament esportiu. Per tant, la càrrega que es programa és la càrrega real i aquesta ha de venir correctament expressada a través de la càrrega proposada. (González-Badillo & Izquierdo-Redín, 2006)

En canvi, segons Padial (2003), les càrregues d'entrenament són el conjunt d'estímuls que, en forma d'exercicis físics, s'empren per millorar la condició física i estan determinades pel volum, la intensitat, la durada, les repeticions i per la recuperació. A més, fa referència a la mida de la feina realitzada amb l'entrenament, representa una mesura quantitativa i qualitativa d'aquest treball.

Segons Iñigo Mujika (2006), tracta la càrrega d'entrenament en l'esport de competició, descrivint-la com una combinació de tres variables de l'entrenament, com són el volum, la intensitat i la freqüència. En general, es considera que aquestes tres variables provoquen una resposta adaptativa en l'organisme de l'esportista, la qual hauria de repercutir de manera directa sobre el rendiment esportiu. És per això que, resulta necessari tant manipular com quantificar de manera adequada cada un d'aquests tres components de l'entrenament per tal d'optimitzar les adaptacions de l'esportista i per tant, el seu rendiment en competició.

En supervisar la càrrega d'entrenament, les unitats de càrrega poden ser considerades com externes o internes. Tradicionalment, la càrrega externa ha estat la base de la majoria dels sistemes de vigilància. La càrrega externa es defineix com el treball realitzat per l'atleta, mesura amb independència les seves característiques internes.

Mentre la càrrega externa és important en la comprensió del treball acabat i les capacitats de l'atleta, la càrrega interna, la fisiològica relativa i/o l'estrès psicològic imposats, també és crítica en la determinació de la càrrega d'entrenament i la posterior adaptació. Com les dues càrregues externes i internes tenen a veure per la comprensió de la càrrega d'entrenament de l'atleta, una combinació de totes dues pot ser important per la formació de supervisió. De fet, pot ser la relació entre les càrregues externes i internes que poden ajudar a la regulació de la fatiga. (Halsón, 2014)

Actualment, hi ha una multitud de possibilitats per poder controlar la càrrega d'entrenament suportada durant les sessions d'entrenament en els esports d'equip.

El primer que tractarem la Percepció Subjectiva de l'Esforç (RPE). El RPE és un mètode de control subjectiu de la càrrega interna de l'esportista, el qual és molt utilitzat. És un mètode útil pel control de la càrrega interna individual a causa del seu fàcil ús, valora l'estrès físic i psicològic de l'esportista i no suposa cap cost pels clubs. (Mújika, 2006).

La RPE dels esportistes es sol valorar al cap dels 30 minuts d'acabar, un cop finalitzada la sessió. No obstant això, també presenta una sèrie d'inconvenients, ja que és un mètode de control, de la càrrega, subjectiu. De tal manera que, encara que sigui un mètode de control de la càrrega vàlid, ha de ser utilitzat conjuntament amb altres mètodes de control més objectius; requereix un procés de familiarització i aprenentatge per part dels esportistes i cos tècnic i depèn de diferents factors com els psicològics, ambientals i fisiològics, ja que poden influir en l'esportista. (Ayllón, F. N., Moro, M. I. B., & Romo, G. R., 2009).

La percepció subjectiva de l'esforç és un indicador més fiable que d'altres com la freqüència cardíaca, sobre tot en situacions on hi hagi una participació simultània de sistema aeròbic i anaeròbic com són les accions explosives.

Una possibilitat que hi tenim avui dia per controlar la càrrega i que està molt de moda, és a través del control del GPS. Es disposa de moltes marques i aquestes aposten per ser el millor mètode per realitzar el control de càrrega posterior entrenament.

Els dispositius GPS han començat molt aviat a estendre's pels terrenys de joc. Mesuren els patrons de moviment durant els partits o les situacions d'entrenament en els diferents esports intermitents amb l'objectiu d'augmentar el coneixement de la càrrega física suportada pels jugadors en les diferents modalitats.

D'aquesta manera, es pot intervenir d'una manera més específica durant l'entrenament i es valoren paràmetres alternatius (velocitat pic i mitja, distàncies o posicions).

Finalment, també, s'aplica a diferents proves (estàtic, caminant, arracades, trajectòries rectilínies de diferents longituds, trajectòries curvilínies, canvis de direcció amb diferents graus, etc. En futbol, la incorporació del GPS ha incrementat l'interès pel seguiment de la càrrega física. (Gómez, 2013).

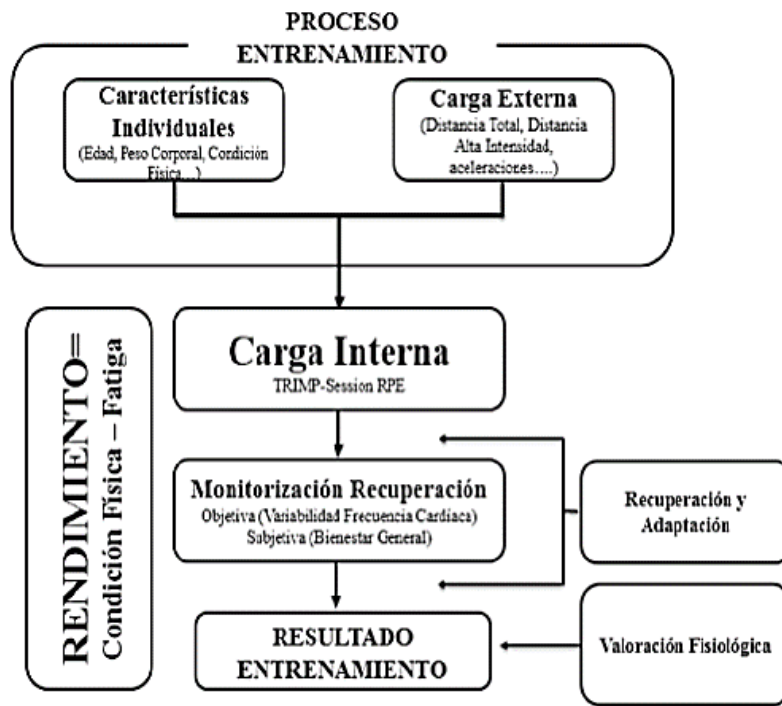


Figura (1). Procés d'entrenament (Impellizzeri, 2005).

2.2. La fatiga i els tipus de fatiga

La fatiga de l'esportista és un concepte difícil de definir, ja que la definició d'aquesta varia en funció dels fisiòlegs musculars. Sovint, descriuen la fatiga simplement com una aguda disminució induïda per l'exercici de la força muscular (Kincker, Renshaw, Oldham i Camis, 2011). En canvi, segons Benjamin Fernández i Nicolás Terrados (2004), la fatiga és la impossibilitat de generar una força requerida i esperada, produïda o no per un exercici precedent.

Principalment podem trobar dos tipus de fatiga.

En primer lloc, parlarem de la fatiga perifèrica o també anomenada fatiga neuromuscular: Incapacitat d'un múscul per mantenir una resposta davant determinades exigències de treball. Alteració en la producció de força, esperada o requerida, en conseqüència de la deterioració de la contracció muscular a nivell de les estructures contràctils, situades per sota de la placa motora. (Figura 2)

La segona fatiga que trobem és la fatiga central (Figura 3). La fatiga central intervé en diversos nivells d'estructures nervioses. L'aparició de la fatiga central s'indica, predominantment, per un augment en l'increment en vigor evocat per l'estimulació elèctrica o magnètica del nervi motor o musculatura durant un esforç voluntari màxim. Mentre que l'excitació proporcionada pels centres supraespinals, en general no es deteriora durant breus contraccions de gran força, que pot ser perllongada durant 13 màximes i submàximes contraccions (Enoka, 2002). Alteració en la producció de força, esperada o requerida, en conseqüència de la deterioració de la contracció muscular a nivell superior de la placa motora, és a dir, quan afecta una o diverses de les estructures nervioses involucrades en la producció, manteniment o control de la contracció muscular.

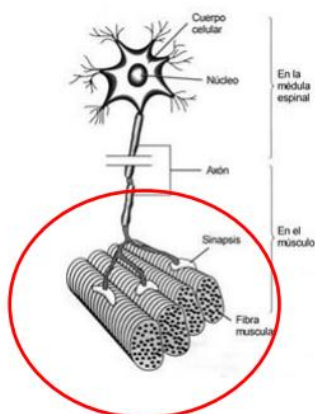


Figura (2) Fatiga perifèrica.

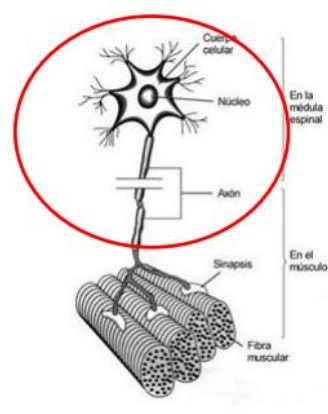


Figura (3) Fatiga central.

2.2.1. Causes que provoquen la fatiga

Fent menció a l'etiologia de les lesions, cal tractar en primer lloc, els mecanismes lesius. El mecanisme lesiu és la forma mitjançant la qual un esportista pateix una lesió des del punt de vista fonamentalment biomecànic. Determinades accions esportives presenten major risc de lesió que d'altres, això ens ajuda a saber que és degut a que el mecanisme lesiu manté connotacions suficientment àmplies des de la visió anatòmica, histològica i biomecànica. (Romero i Tours, 2011).

En l'article de Bahr i Krosshaug (2005), tracta sobre la manera en com podem comprendre els mecanismes de lesions; un component clau per prevenir lesions en l'esport.

Ens mostra els factors de lesió i la seva relació amb el mecanisme últim de lesió, prenent un paper molt important en la prevenció de lesions.

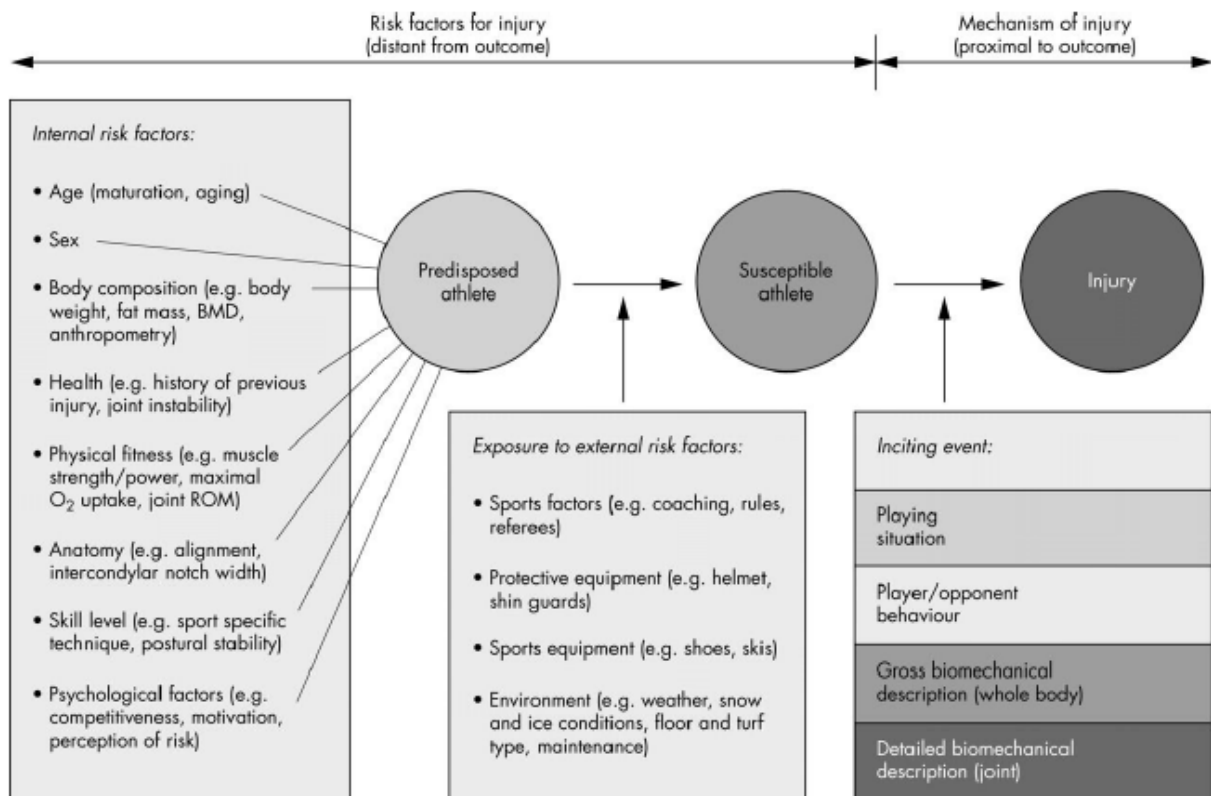


Figura (4) Els factors de lesió i la seva relació amb el mecanisme últim de lesió. Bahr i Krosshaug (2005).

Un cop vist els factors de risc que hi ha en les lesions, veurem com afecten les dues fatigues, tant la central com la perifèrica al nostre organisme i quines conseqüències lesives poden causar.

Començarem anomenant les causes que hi té la fatiga central. La fatiga central pot causar tant una fallida en l'activació neural com una fallida en el sistema nerviós parasimpàtic, això vol dir que si estem fatigats segurament en les accions de joc decidirem de manera equivocada i aquest fet pot ser perjudicial pel equip. Una mala acció per no poder pensar amb claredat pot ocasionar un gol.

Si observem el que diu, Knicker, Renshaw, Rh, & Cairns, (2011)(Knicker, Renshaw, Rh, & Cairns, 2011) en quant a la fatiga central, hi ha tres causes més que ens poden fer prendre una dolenta decisió com són: la inhibició aferent dels fusos neuromusculars i terminacions nervioses, la depressió de l'excitabilitat de la motoneurona i l'alteració en la transmissió de l'impuls nerviós. Aquestes tres causes apareixen en la fatiga central. Ens centrarem en la fatiga perifèrica i en com afecta al nostre organisme. Aquest tipus de fatiga és la principal causa de moltes lesions.

Segons, Gómez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M. A., Brousett Minaya, M., & Fogaca-Hochmuller, R. T. (2010), les causes que provoquen aquesta fatiga neuromuscular són les següents:

S'han suggerit algunes causes que donen origen a la fatiga muscular, com les alteracions del pH, de la temperatura i del flux sanguini, l'acumulació de productes del metabolisme cel·lular (especialment dels que resulten de la hidròlisi de l'ATP, com l'ADP, AMP, IMP, Pi i amoníac), la pèrdua de l'autoregulació de l'ió Ca^{2+} , el paper de la cinètica d'alguns ions en els mitjans intra i extracel·lular (com el K^{+} , Na^{+} , Cl^{-} Mg^{2+}), la lesió muscular (induïda per l'exercici) i l'estrès oxidatiu.

2.3. Què és la fatiga neuromuscular

La fatiga perifèrica o també anomenada fatiga neuromuscular és la disminució de la força que passa en les fibres musculars, principalment, o el medi en el qual es troben. Pot interferir amb l'acoblament de l'excitació i contracció, la disponibilitat de substrats metabòlics, el medi intracel·lular, el flux sanguini muscular i les propietats intrínseques de l'aparell contràctil. (Gómez-Campos, Cossio-Bolaños, Brousett Minaya, & Fogaca-Hochmuller, 2010).

La fatiga neuromuscular (o perifèrica) provoca adaptacions del sistema neuromuscular per tal de mantenir la producció de la força. Existeix el concepte de modulació de l'activitat de les UM així com el de potenciació. Aquests es basen en augmentar el reclutament d'UM a l'hora d'un esforç màxim o submàxim de curta durada i la variació en la freqüència de descàrrega de les UM segons el tipus d'exercici a realitzar. Això, per aconseguir sostenir una activitat i un rendiment muscular adequat.

La fatiga neuromuscular és pot entendre com un procés adaptatiu i protector que limita l'activitat muscular que pugui ser degenerativa per l'organisme i generi un canvi irreversible a aquest nivell. Aquest fenomen on disminueix la freqüència de la descàrrega de la UM i que s'associa a un alentiment de la velocitat de contracció de les fibres musculars, podria ser el primer pas per a la recuperació de la fatiga. (Arce Rodríguez, 2015).

2.5. El salt vertical com a indicador

El mesurament de l'alçada del salt vertical és un indicador de la força i potència del tren inferior. Els instruments electrònics disponibles per mesurar aquest salt són caixes negres que no permeten la verificació ni l'adaptació per part de tercers. Proposem la creació d'un sistema de mesurament anomenat Chronojump-Boscosystem, que consisteix en un maquinari obert i un programari lliure.

Mètodes: S'ha creat un microcontrolador i s'ha validat usant un generador d'ones quadrades i un oscil·loscopi. S'han desenvolupat dos tipus de plataformes usant materials diferents. Les plataformes s'han validat determinant la seva sensibilitat en diferents punts per mitjà d'una cèl·lula de càrrega, i per comparació amb la plataforma de contactes de sistema Ergojump-Boscosystem. (Blas & Padullés, 2012).

Test de salt CMJ (Counter Movement Jump) amb plataforma de contacte. (Bosco 1994).

En aquesta prova l'individu es troba en posició dreta amb les mans a la cintura, havent de fer un salt vertical després d'un ràpid contramoviment cap avall. Durant l'acció de flexió de genolls i malucs, el tronc ha de romandre el més alçat possible per evitar qualsevol possible influència de l'extensió del tronc en el rendiment dels membres inferiors.

Ens explica que en aquest salt (figura 5), l'atleta ingressa a la plataforma, situa la vista al front, les dues mans als malucs (figura 5.1), en un moviment descendent ràpid i continu doblega els genolls (fase excèntrica) (figura 5.2) fins a un angle de flexió de 90° (fase isomètrica o acoblament) mantenint el tronc el més proper a l'eix vertical possible i des d'allà genera la impulsió vertical (fase concèntrica) (Figura 5.3) que l'eleva. Durant tota la fase de vol, l'atleta ha de mantenir els seus membres inferiors i el tronc en completa extensió, fins a la recepció amb la plataforma (Figura 5.4).



Figura (5.1)

Figura (5.2)

Figura (5.3)

Figura (5.4)

El CMJ valora l'acció de saltar cap amunt, que es realitza gràcies al cicle d'estirament-escurçament muscular.

Perquè l'altura de CMJ sigui un instrument efectiu de monitoratge en l'entrenament, ha de reunir tres criteris imprescindibles: tenir validesa, ser de confiança i prou sensible a possibles canvis que puguin modificar el rendiment. (Reilly, Morris, & Whyte, 2009).

2.6. Relació entre la fatiga i el rendiment

La capacitat més important que han de tenir els esportistes d'aquestes especialitats esportives és la capacitat per resistir en el temps a manifestacions de força dinàmica. Són expressions que requereixen una alta velocitat d'execució i moviments coordinats molt precisos, que no poden ser pertorbats per nivells intensos de fatiga neuromuscular (Bosco, 1991).

Si observem com controlen la fatiga neuromuscular en l'atletisme amb el salt del CMJ veiem en que aquest estudi té com a objectiu analitzar les respostes perceptives, metabòliques i mecàniques a les sessions d'entrenament de velocitat. Nou velocistes masculins d'alt nivell van realitzar curses de velocitat de 40 metres fins a una pèrdua del 3% en velocitat, amb 4 minuts de descans entre sèries. Es van mesurar els paràmetres perceptius (qualificació de l'esforç percebut, RPE), mecànics (pèrdua d'altura de salt de velocitat i contramoviment) i metabòlics (lactat sanguini i amoníac) abans de l'exercici i després de cada esprint. La pèrdua d'altura de salt va mostrar relacions gairebé perfectes tant amb el lactat en sang ($r = 0.96$ (0,95-0,97)) com amb l'amoníac ($r = 0.95$ (0,94-0,95)), mentre que la pèrdua de velocitat, el nombre d'esprints realitzats i els valors del RPE van mostrar grans relacions amb lactat sanguini i l'amoníac. Aquests resultats suggereixen que l'altura del salt de contramoviment (CMJ) es pot utilitzar per quantificar la fatiga induïda durant una sessió típica d'entrenament d'esprint, i pot ser una eina útil per facilitar el monitoratge individualitzat de la càrrega. Els resultats indiquen que el CMJ és un millor monitor de la fatiga metabòlica que les mesures tradicionals. (Jiménez-Reyes et al., 2016).

Un cop anomenats altres esports ens centrarem en la nostra disciplina que es el futbol i com s'ha investigat. En primer lloc, observem la interacció entre fatiga i el rendiment motor que ha rebut atenció a la literatura científica en els jugadors de futbol. Així, per exemple, en l'estudi d'Oliver, Armstrong i William (2008), va concloure la reducció en el rendiment del salt i, en concret, la capacitat reduïda per realitzar exercici quan s'està fatigat i tenir conseqüències durant el partit. També, la majoria de les accions que impliquin l'estirament, el cicle d'acurtament i les activitats intenses com: saltar, córrer i moments crucials del joc dels partits. Quan estem fatigats, les reduccions en l'activitat muscular són significatives pel salt en contramoviment. La pèrdua a l'activitat muscular va ser acompanyada per un augment a la força d'impacte en quan a la caiguda del salt, perquè aquest es realitza en un estat de fatiga.

Aquests resultats suggereixen un paper dels mecanismes de retroalimentació pròpia que contribueixen a la reducció de l'activitat muscular i el rendiment quant a la caiguda del salt que es repeteix després de l'exercici específic de futbol. (Oliver, Armstrong, & Williams, 2008)

Si tractem diferents articles podem extreure altres conclusions com aquest estudi de Pau, Iba, i Attene (2014). Segons el seu estudi, va obtenir que els jugadors amb fatiga van mostrar un rendiment reduït en el sistema del control postural dinàmic. El risc més gran de les lesions en les extremitats inferiors (particularment al turmell), s'han atribuït a la fatiga a causa del control neuromuscular alterat del turmell, i la incidència més gran de les lesions observades en els jugadors més joves en comparació amb els de major edat, suggereixen que s'ha de prestar molta més atenció a l'hora de planificar programes tècnics i d'entrenament físic. Les intervencions preventives pràctiques per reduir l'aparició de lesions han d'incloure el monitoratge continu de les habilitats bàsiques d'equilibri, el desenvolupament de protocols específics d'entrenament d'equilibri estàtic i dinàmic, i l'entrenament de força de membres inferiors integrats en sessions d'entrenament regulars.

A més a més, l'estudi de Zemková i Hamar (2009) deia que la fatiga induïda pel partit de futbol augmenta el temps de contacte amb el terra en la caiguda després d'un salt, complementat amb un deteriorament de l'equilibri dinàmic i del rendiment en l'agilitat. La fatiga és la responsable del deteriorament en el rendiment neuromuscular després del partit.

D'altra banda, la fatiga muscular de les cames no només afecta a la capacitat de generar força i velocitat durant la puntada de peu, sinó també a la coordinació intersegment. Per tant, és possible que la reducció de la força muscular no fos el mecanisme que va produir una variació postural més gran en el present estudi, que es pot corroborar amb una lleugera disminució de l'altura de SJ i CMJ després del partit. No obstant això, ens diu que una disminució de la força / sortida de la força influeix en els canvis posturals. El motiu d'això pot ser que l'efecte depengui del nivell de fatiga i del tipus d'exercici precedent. Si les forces necessàries per a la correcció d'una col·locació inestable dels peus es retarden a causa de la fatiga, a continuació, l'articulació del turmell estaria en risc de lesió.

Si observem la investigació que tracta sobre la monitorització de la fatiga durant la fase competitiva en temporada a jugadors de futbol d'elit, els participants van fer cinc esforços de CMJ en total, dos salts de pràctica i tres d'avaluació per assegurar que les mans estiguessin enganxades als malucs durant tot el salt. El salt més alt es va utilitzar com a criteri de mesura del rendiment.

Està ben establert que l'avaluació de la funció neuromuscular mitjançant l'ús del protocol del salt es veu afectada fins a 72 hores després del partit, indicant un efecte negatiu en el rendiment neuromuscular. Curiosament, es va observar una petita correlació positiva ($r = 0.23$) entre el rendiment del salt de contramoviment (CMJ). Indiquen col·lectivament que el monitoratge diari de CMJ proporciona una visió limitada de l'estat de fatiga de recuperació dels jugadors de futbol. A més, els jugadors d'elit sovint són reticents a realitzar avaluacions màximes i explosives en els dies posteriors a l'entrenament elevat o les càrregues dels partits, el que pot limitar la seva aplicació com a eina de monitoratge en el futbol d'elit. (Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W., 2015).

L'objectiu d'aquest estudi va ser avaluar la relació dels indicadors de càrrega d'entrenament extern i intern amb la fatiga objectiva i subjectiva experimentada per 15 futbolistes semiprofessionals, durant vuit setmanes complertes del període de competició, que cobria microcicles del 34 al 41. La fatiga neuromuscular es va mesurar objectivament utilitzant la prova de salt de contramoviment.

Durant el període d'estudi, es va registrar el rendiment d'una prova CMJ tant el primer dia d'entrenament de la setmana (amb un mínim de 48 hores respecte a la competició) com el darrer dia d'entrenament (24 hores abans de la propera competició).

Els resultats dels jugadors van mostrar un major nivell de fatiga neuromuscular, mesurat amb CMJ. No obstant això, els jugadors van poder recuperar pràcticament els mateixos valors de CMJ (mesurats amb el CMJ previ / CMJ posterior) que a l'inici de la setmana anterior a la competència. La fatiga neuromuscular mesurada amb CMJ va ser sensible als diferents percentatges de càrrega suportada pels jugadors durant la setmana d'entrenament. Aquesta investigació va proporcionar una millor comprensió de la relació càrrega-fatiga pel que fa a les demandes de la competència. (Zurutuza, Castellano, Echeazarra, & Casamichana, 2017)

2.7. Tractaments per prevenir la fatiga

Per tractar la prevenció de la fatiga, hem de tractar-la amb una recuperació individual. Cada esportista ha de tenir una recuperació individualitzada. A banda de la importància de la recuperació a través de l'alimentació i de la qualitat de la son. (Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., & Terrados, N., 2017).

Respecte el primer aspecte, és necessari conèixer molt bé la fisiologia del nostre futbolista, saber quina quantitat d'aigua consumeix el seu cos en els entrenaments i/o partits i totes les kcal que gasta diàriament per subministrar el dèficit adquirit.

Ingesta d'aigua abans, durant i després del partit.

Abans:

- 450 ml dues hores abans.
- 250 ml una hora abans.
- 150 ml 30 minuts abans.

Durant:

- Durant el partit el jugador ha d'escoltar la seva set.

Després:

- 450 ml abans dels 30 minuts posteriors a finalització del partit.

Ingesta d'aliments.

- La no ingesta de verdures i fruites causa una recuperació molt pitjor.
- La ingesta de carn i de peix ha de ser d'unes 2/3 dies per setmana

Del segon aspecte, destacarem el cicle de la son dels esportistes. Els cicles de la son duren 90 minuts i hi ha 4 fases fins arribar a la fase REM que és on realment recuperem el cos dormint. Cada jugador de futbol hauria de dormir d'entre 27 i 31 cicles setmanals.

Test del benestar amb l'escala de Hooper (Hooper & Mackinnon, 1995), basada en l'anàlisi subjectiu de la qualitat de la son de la nit anterior, la quantitat d'estrès, el nivell de fatiga i el dany muscular percebut. Cada pregunta es qualifica de forma individual amb puntuacions que van del 1 ("Molt, molt baix o bo") al 7 ("Molt, molt alt o dolent")

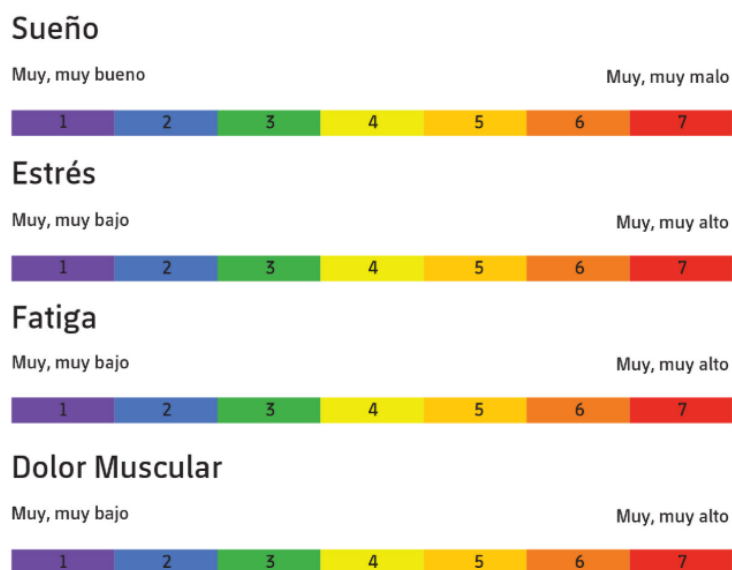


Figura (6) Test del benestar amb escala de Hooper.

2.8. Mètodes

Fent una recerca en els diferents articles científics es pot comprovar que hi ha diversos mètodes per poder mesurar, descriure i comparar la fatiga neuromuscular.

L'Electromiografia consisteix en l'estudi electrofisiològic del sistema neuromuscular. Etimològicament, el terme electromiografia (EMG) es refereix al registre de l'activitat elèctrica generada pel múscul estriat. No obstant això, en la pràctica s'utilitza per designar genèricament les diferents tècniques utilitzades en l'estudi funcional del sistema nerviós perifèric, de la placa motriu i del múscul esquelètic. (Altamira Colado, Alejandra Mayorga León, & Daniel Paredes Zazueta, 2017)

L'EMG indica el següent: Si a la persona a la que se li realitza, mostra algun problema en els nervis o músculs perquè aquests se senten febles, rígids o adolorits i es allà on es localitza el problema, aquest pot estar en els músculs, els nervis o en els punts on els músculs i els nervis s'uneixen. (Altamira Colado et al., 2017)

La força de salt, igual que la força d'esprint o la força de llançament, es constitueixen com a formes especials d'aparició de la força en relació amb un exercici determinat. Els salts es troben àmpliament difosos en el treball del futbolista modern a causa de l'impacte que té la seva pràctica sobre la capacitat reactiva de sistema neuromuscular. En els salts, els músculs de la cama són llargs en forma veloç, el que es coneix com a fase de presa de contacte (amb el terra i flexió) seguit d'una aplicació de força molt activa, que s'identifica com a fase d'extensió de la cama. Aquesta acció també és coneguda com a cicle d'elongació-escurçament. Els alts valors de força que s'obtenen en l'execució dels salts es deuen a una ràpida mobilització de les unitats motores, a una freqüència més gran dels seus impulsos hi ha una millor sincronització de l'activitat motora de les neurones al començament de l'impuls explosiu de la força. (Verkhoshansky, Y. 2006).

Un altre mètode que podem anomenar és l'acció de la força isomètrica, que també es coneix com a força estàtica. Aquesta s'anomena així perquè es treballen els músculs de forma immòbil i no es produeix cap canvi en la longitud muscular. Els exercicis de força isomètrica ajuden a treballar la resistència del múscul. La podem extreure amb una galga de força, segons ens explica Becerra (2017). La galga és un sensor de força que, a través de la pressió que se li exerceix, ens indica la força aplicada i és capaç de visualitzar la força màxima isomètrica en temps real.

3. Objectius

L'objectiu d'aquest estudi es veure els efectes que té una sessió d'entrenament sobre el salt CMJ, com un indicador de fatiga neuromuscular en la recuperació del rendiment físic, percebut en els jugadors de futbol i a més, d'oferir més coneixement sobre el CMJ com a instrument eficaç per a entrenadors vàlid i d'un cost no elevat enfront dels mètodes invasius d'un alt preu.

Objectiu: Quantificar si el salt CMJ un indicador de fatiga neuromuscular.

Hipòtesis:

- Hi ha pèrdua entre sessió? Dilluns – dimecres – divendres
- A la sessió següent, es recuperen? Dilluns – dimecres – divendres
- Han millorat en l'evolució dels resultats?
- Hi ha relació entre la càrrega de la sessió i la pèrdua?
- Aquesta correlació és diferent entre els dilluns, dimecres i divendres?
- Hi ha relació entre la càrrega de la sessió i la pèrdua entre posicions de joc?

4. Metodologia

La metodologia que s'ha utilitzat per portar a terme aquest objectiu és una metodologia descriptiva quantitativa.

Segons Hernández, Fernández, i Baptista. (2006). Els estudis descriptius busquen especificar les propietats, les característiques i els perfils de les persones, els grups, les comunitats, els processos, els objectes o qualsevol altre fenomen que es sotmeti a un anàlisi.

Únicament, pretenen mesurar i/o recollir informació, de manera independent o conjunta, sobre els conceptes o les variables a les que es refereixen.

L'investigador ha de poder definir o almenys visualitzar què es mesurarà (quins conceptes, variables, components, etc.) i sobre què o qui es recol·lectaran les dades (persones, grups, comunitats, objectes, animals, fets, etc.). La descripció pot ser més o menys profunda, encara que en qualsevol cas es basa en el mesurament d'un o més atributs del fenomen d'interès. (Hernández, Fernández, i Baptista, 2006).

4.1. Mostra

El llibre, *Metodologia de la investigació*, destaca que en el procés quantitatiu, la mostra és un subgrup de la població d'interès sobre el qual es recol·lectaran dades, i que ha de definir-se o delimitar-se amb precisió, aquesta mostra serà la representativa d'aquesta població. (Hernández, Fernández, i Baptista, 2006).

La mostra amb la que realitzarem aquesta investigació sobre el salt CMJ com a indicador de fatiga neuromuscular serà l'equip de futbol *Atlètic Sant Just F.C*, que juga a Primera Catalana.

L'edat d'aquesta mostra, serà de jugadors de futbol d'entre els 19 i els 33 anys, que és quan el seu cos està en ple rendiment, tant físic com cognitiu. El número de subjectes d'aquest anàlisi és de 22 jugadors i tots ells són de gènere masculí.

Aquesta investigació es va produir en un període de 5 setmanes amb un total de 35 dies dintre del període de competició.

4.2. Instruments

Per poder analitzar la fatiga d'aquests jugadors de futbol, disposem de tres tipus de proves diferents: la primera, la seva recuperació a través del rendiment, la segona, la càrrega d'entrenament i la tercera el factor psicològic de la fatiga.

1. Recuperació del rendiment:

Realitzar un test de salt CMJ en una plataforma de contacte als jugadors abans i després del entrenament. El primer salt es realitzarà 48 hores respecte del partit anterior. El següent salt es realitzarà a les 72 hores del pròxim partit, segon entrenament de la setmana, i l'últim salt CMJ a les 24 hores del partit, que equivaldria al tercer entrenament de la setmana. Els participants van fer tres esforços de CMJ en total, per assegurar que les mans estiguessin enganxades als malucs durant tot el salt. El salt més alt es va utilitzar com a criteri de mesura del rendiment.



Figura (7) Prova del salt CMJ

En aquesta prova es va calcular el temps de vol segons el protocol de Bosco (de Blas, Padullés, López del Amo, i GuerraBalic, 2012) amb una plataforma de contactes (Chronojump-Boscosystem®, Barcelona, ESP).

2. Sessions d'entrenament: Càrrega

Cada sessió d'entrenament és diferent per això la càrrega d'aquesta no serà sempre igual, tot dependrà de quan es jugui el partit aquella setmana, dissabte o diumenge. La setmana està dividida en tres entrenaments.

Depenent de quan hem jugat o de quan tornem a jugar, la setmana s'estructura d'una manera o d'una altra. Per aquest motiu, fem servir la nomenclatura +/- respecte els entrenaments i els dies del partit. El símbol (+) és sempre després d'un partit i el símbol (-) ens referim a abans d'un partit. Un exemple seria: si juguem un dissabte, el dilluns serà +2 (dos dies després del partit) i si juguem un diumenge, el dilluns serà un +1 (un dia després del partit).

Ja sigui un +1 o +2 els dilluns són sessions d'entrenament regeneratives pels jugadors que han superat l'hora de partit, i de compensació pels jugadors que han jugat menys temps d'una hora.

- Els jugadors que han jugat més de 65 minuts de partit, realitzaran 40 minuts d'entrenament, finalitzant la sessió amb exercicis preventius.
- Els jugadors que no han jugat tants minuts, realitzaran un entrenament de 65 minuts, amb càrrega real de partit.

La segona sessió d'entrenament on s'aplica més càrrega, tant de volum com d'intensitat, són els dimecres on podem estar en -3 o -4 dies pel pròxim partit. Es realitza una dinàmica extensiva, això vol dir que els espais són més grans i reals com als del partit. La sessió s'inicia amb 20 minuts de força aplicada en el camp i amb 60 o 70 minuts d'entrenament al camp.

El divendres és la darrera sessió de la setmana, que podria ser un -1 o -2. Focalitzarem sobre la optimització, tant de joc com de jugadors. Aquestes són sessions més dinàmiques i la seva funció és activar al jugador i que tingui bones sensacions tant cognitives com físiques per tal d'arribar al partit en les millors condicions possibles. Començarem amb una activació o dinàmica lúdica per treure emocions de tota la setmana, posteriorment farem finalitzacions a la porteria i en últim lloc, acabarem amb partits reduïts on la consigna serà xutar molt. La duració d'aquesta sessió no sol passar dels 50 minuts.

3. Aspectes psicològics del jugador:

Abans dels entrenaments i al cap de 30 minuts després d'acabar d'entrenar s'haurà de passar un full individualitzat a cada esportista per conèixer el seu RPE (índex d'esforç percebut de l'1 al 10), així tindrem una idea de com arriba de cansat el jugador a l'entrenament i quin ha estat el seu esforç en ell. Amb tot això, coneixerem més al nostre jugador i veurem si arriba a la càrrega proposada o se'n va molt fatigat.



Figura (8). Protocol d'actuació en la investigació

4.3. Anàlisi estadístic

Aquesta investigació l'anàlisi estadístic ha estat realitzat pel programa JASP, que és un programa gràfic gratuït i de codi obert per a l'anàlisi estadístic amb el suport de la Universitat d'Amsterdam. Està dissenyat per ser fàcil d'utilitzar pels usuaris de SPSS. JASP ofereix inferència freqüentista i inferència bayesiana en els mateixos models estadístics. La inferència freqüent utilitza valors p i intervals de confiança per controlar les taxes d'error en el límit de repeticions perfectes infinites.

Per extreure els resultats hem enfocat l'anàlisi estadístic en una prova T-Student. Aquesta és una prova en la qual l'estadístic utilitzat té una distribució t de Student si la hipòtesi nul·la és certa. S'aplica quan la població s'assumeix ser normal, però el volum mostral és massa petit perquè l'estadístic en què està basada la inferència estigui normalment distribuït, utilitzant una estimació de la desviació típica en lloc del valor real. I per altra banda, hem fet una correlació que tracta sobre el coeficient de correlació de Pearson, que és la covariància de les dues variables dividides pel producte de les seves desviacions estàndard.

Per donar resposta a les nostres hipòtesis, amb la T-Student veurem si hi ha pèrdua en el salt entre les sessions de dilluns, dimecres i divendres. Comprovarem si a la sessió següent els jugadors es recuperen, tant en la sessió de dilluns, dimecres i divendres. Finalment, analitzarem si han millorat en l'evolució dels resultats amb el salt. En aquest anàlisi agafarem l'alçada del salt previ i l'alçada del salt posterior de les sessions d'entrenament.

Per contestar a les següents qüestions realitzarem una correlació de Pearson. Quant a si hi ha relació entre la càrrega de la sessió i la pèrdua, aquesta correlació és diferent entre els dilluns, dimecres i divendres. En últim lloc, observarem si hi ha relació entre la càrrega de la sessió i la pèrdua entre les posicions de joc. Tot plegat, ho tractarem amb una correlació entre la càrrega i la diferència en el % del l'alçada del salt.

5. Resultats

Els primers resultats que vam extreure van ser si hi havia pèrdua entre les sessions de dilluns, dimecres i divendres amb una prova T-Student parellada on es comparava les mitjanes prèvies i posteriors i pels diferents dies d'entrenament.

Es va observar que els dilluns la t-student ens donava un resultat de ($t=10.92$; $df=85$; $p<.001$), i a través del test de saphiro willy, es va comprovar que la distribució de les dades de les variables ($w=0.909$; $p<.001$) seguien una distribució normal.

Si observem respecte els dimecres els valors que tenim són: ($t=12.41$; $df=84$; $p<.001$), comprovem que el test de normalitat ens dona que la distribució de les variables també segueix una distribució normal.

Finalment, comparem els divendres i obtenim que ($t=11.88$; $df=84$; $p<.00$). El test de normalitat de shapiro-wilk reflexa que la distribució de les dades dona això, per tant vol dir que la desviació segueix una normalitat.

La segona hipòtesis que vam tractar va ser si a la següent sessió d'entrenament els jugadors de futbol es recuperaven adequadament de la càrrega aplicada, en aquest cas vam tractar la relació entre el salt posterior de la sessió anterior amb el salt previ de la sessió següent a través d'una t-student i aplicant el test de normalitat.

La primera comparació va estar la mitjana dels dilluns posterior i dels dimecres previ, on els resultats obtinguts van ser ($t=-9.922$; $df=84$; $p<.001$), i aplicant el test de shapiro-wilk es va comprovar que la distribució de les dades de les variables seguia una distribució normal.

El segon dia de la setmana que són els dimecres, és el dia on més càrrega hi ha aplicada en les sessions, els resultats que vam extreure van ser ($t=-11.46$; $df=83$; $p<.001$), observarem com la T és la més elevada dels tres dies. Comprovem que la distribució del dimecres previ amb el divendres posterior la distribució de les variables en dona que segueix una distribució normal.

Per últim, en aquesta comparativa després d'entrenar 3 dies a la setmana més el partit del cap de setmana, volíem saber com es recuperaven per la sessió del dilluns. Aquesta ens va donar uns resultats ($t=-4.304$; $df=84$; $p<.001$). Comprobat amb el test de normalitat observem que suggereix una desviació de la normalitat.

La següent hipòtesis que tractarem serà observar si durant l'evolució del temps en el transcurs de la investigació els jugadors han tingut una millora en els resultats des del primer salt a l'últim salt analitzat. Amb la prova t-student parellada es va comparar que la mitjana entre el previ del primer dilluns i el previ de l'últim divendres va donar uns resultats de ($t=-3.41$; $df=20$; $p<.003$), es va comprovar com la distribució de les dades de les variables seguien una distribució normal.

Amb aquest gràfic observem l'evolució de la mitjana i la millora considerable del salt.

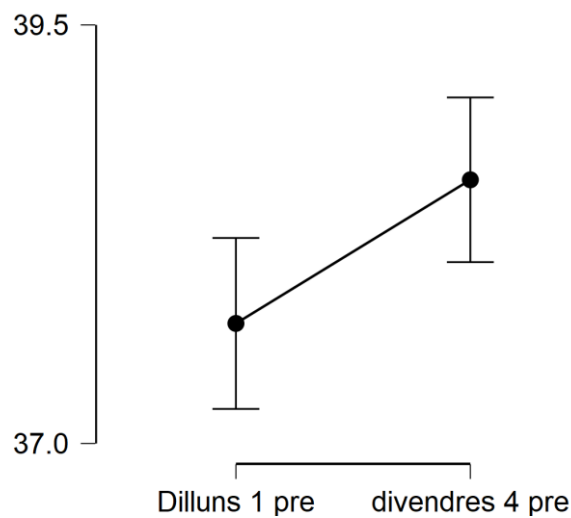


Figura (9). Evolució del salt CMJ.

La segona part de la investigació té a veure amb la càrrega d'entrenament i la diferència en el % del salt CMJ, a través d'aquestes dues variables vam extreure els resultats amb les correlacions de Pearson.

El primer punt que vam tractar va ser si hi havia alguna relació entre la càrrega de la sessió i la diferència del % de pèrdua. Si observem la figura (10), els dimecres són les sessions on la càrrega és més alta (RPE_{Min}).

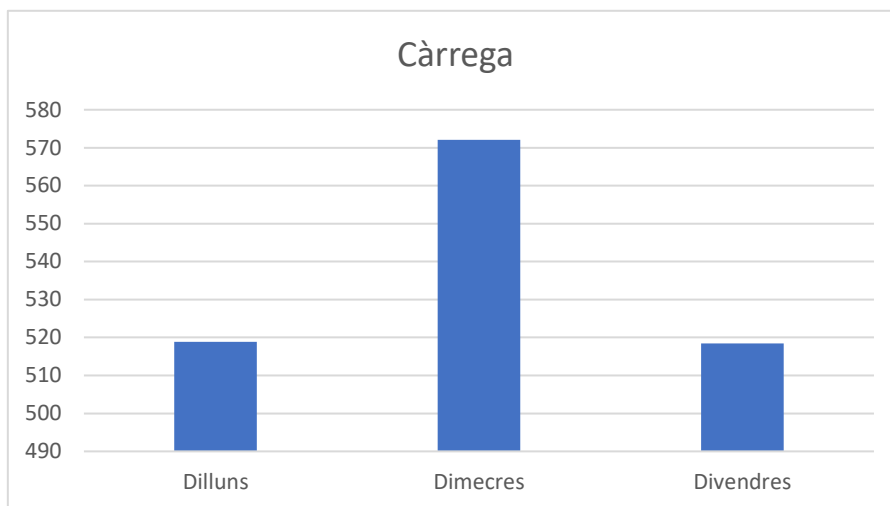


Figura (10). Volum mig de la càrrega en les sessions.

En quant es va voler veure la relació que tenia la càrrega entre la diferència en el % del salt, es va observar amb una correlació de Pearson que no es van trobar correlacions significatives.

La segona comparativa que volíem observar va ser tractar si aquesta correlació era diferent entre els dilluns, els dimecres i els divendres.

Es va observar que a la sessió dels dilluns a través de una correlació de Pearson, els resultats de la distribució de les dades de les variables tenien una correlació significativa.

Respecte a les sessions dels dimecres i divendres, els valors obtinguts en la correlació va donar que la distribució de les variables no es van trobar correlacions significatives.

Finalment, l'últim anàlisi que volíem observar era veure si hi havia relació entre la càrrega de la sessió i la diferència en el % de la pèrdua entre les posicions del joc. Si observem la figura (11), els davanters són qui tenen la càrrega més alta (RPE_{Min}).

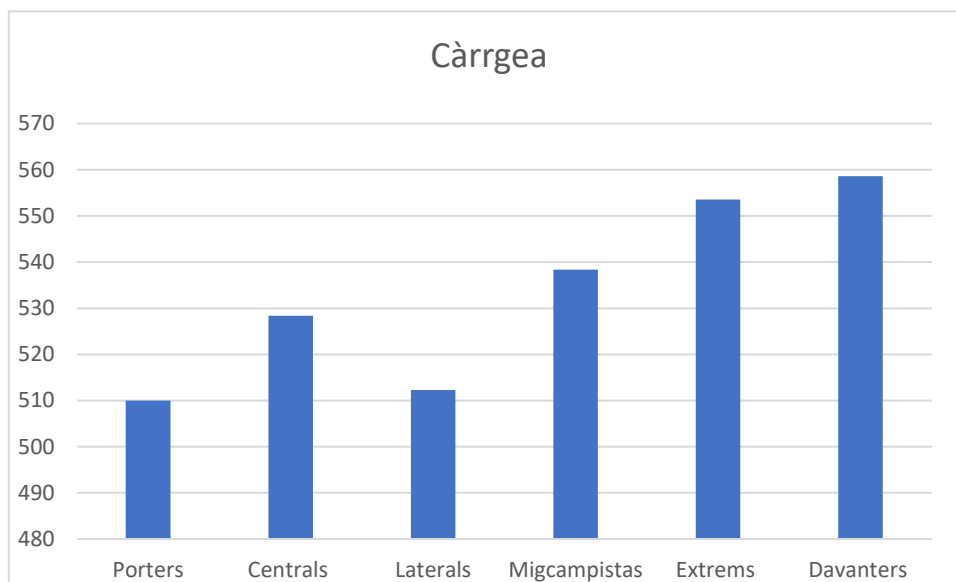


Figura (11). Volum mig de la càrrega per posicions de joc.

Quan es va voler veure la relació que hi havia per diferenciar les posicions, es va observar que només els jugadors centrals tenien una correlació significativa ($r=3,0331$; $P<0,5$). A la resta de posicions no es van trobar correlacions significatives ($p>0,5$).

6. Discussió

Després de descriure i analitzar els diferents resultats obtinguts amb el programa JASP sobre si és el salt CMJ un indicador de fatiga neuromuscular en futbolistes, procedim a fer unes discussions que serveixin per consolidar el que s'ha obtingut. Centrem la discussió en aquells aspectes més rellevants que s'han extret dels resultats obtinguts, ja que disposem d'elements específics de comparació amb els quals es pot contrastar els nostres resultats i les nostres aportacions.

Començarem tractant la primera hipòtesi que té aquesta investigació. A cada entrenament la càrrega és diferent i aquesta ha d'estar adquirida adequadament per tal que les demandes musculars durant el transcurs de la competició, en aquest cas, les sessions d'entrenament són dilluns, dimecres i divendres, tres cops per setmana, això ens indica que el dia on més càrrega aplicada hi ha són els dimecres, i el resultat ($t=12.41$), són els més elevats dels tres dies comparats amb els dilluns ($t=10.92$) i els divendres ($t=11.88$). Aquesta hipòtesi està molt afectada pels dilluns, ja que si s'ha jugat el diumenge (1 partit), els jugadors amb més de 65 minuts jugats no finalitzen la sessió de la mateixa manera que els jugadors que no han jugat tants minuts.

Per tractar la pèrdua entre sessions de salt el test del CMJ ens dona una visió molt limitada de l'estat d'aquesta pèrdua, ja que, els jugadors estan poc disposats a realitzar accions de força màxima quan estan fatigats, així que ho podem contrastar amb l'article de Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W., (2015). On el salt diari de CMJ no dona l'estat real de la fatiga de recuperació dels jugadors de futbol. A més, els jugadors d'elit sovint són reticents a realitzar avaluacions màximes i explosives en els dies posteriors a l'entrenament elevat o les càrregues dels partits, el qual pot limitar la seva aplicació com a eina de monitoratge.

La segona hipòtesis a la que volíem donar una resposta era observar en quina sessió dels 3 dies, els jugadors de l'equip havien recuperat més de la càrrega aplicada. Com ja he anomenat a l'apartat anterior els dimecres són les sessions d'entrenament amb més càrrega, per aquest motiu l'anàlisi per veure en quina sessió els futbolistes recuperen més per tornar a assimilar la càrrega, han estat els dilluns, degut a que el resultat extret ha estat ($t=-4.304$), aquesta té a veure a que durant el cap de setmana alguns jugadors tenen 2 dies per recuperar-se, ja que solament poden jugar 14 jugadors per partit dels 20 jugadors de la plantilla.

La sessió més suau respecte a la càrrega, tracta sobre l'entrenament del divendres, ja que els jugadors no s'han recuperat completament de la sessió del dimecres. El divendres té una t de ($t=-11.46$), aquesta té a veure amb que aquests jugadors al matí treballen en les seves respectives feines i al finalitzar la setmana també tenen la seva pròpia fatiga acumulada, la sessió de dilluns també té un fort impacte respecte a la del dimecres ($t=-9.922$).

Si observem setmana rere setmana, aquests patrons es repeteixen sempre, amb la sessió del divendres amb un índex alt. Si fem recerca d'aquest ítem, ens hem de fixar en la investigació de Zurutuza, Castellano, Echeazarra, & Casamichana, (2017), els jugadors van poder recuperar pràcticament els mateixos valors de CMJ (mesurats amb el CMJ previ / CMJ posterior) que a l'inici de la setmana anterior. La fatiga neuromuscular mesura amb CMJ que va ser sensible als diferents percentatges de càrrega suportada pels jugadors durant la setmana d'entrenament. Aquesta investigació proporciona una millor comprensió de la relació càrrega-fatiga pel que fa a les demandes de la competència.

La següent hipòtesi comprova a través dels resultats obtinguts, poder veure si els jugadors han millorat en el salt CMJ en l'evolució del temps. Si observem la figura (9), la millora és molt significativa, s'ha de dir que la mitjana de l'equip ha millorat 2,5 punts respecte del primer salt previ a l'últim salt previ.

Aquesta millora té una contribució directa en l'aprenentatge del salt, ja que molts jugadors mai havien realitzat aquests tipus de test, i a poc a poc han anat millorant la tècnica del salt. Si ens endinsem en la investigació de Pau, Ibba, i Attene (2014), observem que una dolenta postura és molt perjudicial per a aquest tipus de test, aquesta postura també està afectada per la fatiga dels jugadors, el fet d'estar cansats els fa tenir una pitjor postura i alhora realitzar pitjors salts, també és un ítem a tindre en compte.

Per altra banda, també està implicat el guany o perduda de força en aquest tipus de test, el primer salt previ que es va realitzar va ser justament després del període de vacances hivernals, on els jugadors van estar gairebé tres setmanes aturats, i l'últim salt previ quasi cinc setmanes després, temps suficient per guanyar força a través dels entrenaments.

En la segona part d'aquesta investigació començarem analitzant quina és la relació entre la càrrega d'entrenament de la sessió i la pèrdua del salt en el %. Vam analitzar primer les tres sessions setmanals i no vam trobar que les correlacions fossin significatives, ja que cada sessió era diferent una de l'altra, depenent molt del rival, si s'hi juga un diumenge o un dissabte, si la sessió és regenerativa, de càrrega o posada a punt.

Per altra banda, analitzem si aquesta correlació és diferent entre els dilluns, els dimecres i els divendres, com ja s'ha anomenant anteriorment, els dilluns són sessions regeneratives, on els jugadors que han jugat més de 65 minuts realitzen treball compensatori per recuperar-se del partit, i els jugadors que no han arribat a aquests minuts realitzen la sessió amb una alta intensitat per tal de compensar amb els jugadors que si han jugat. Per aquest motiu, els dilluns són les sessions més diferents i a través de la correlació de Pearson trobem que la distribució de les variables té una correlació significativa, l'única sessió setmanal que dona una significació, segurament per aquesta heterogeneïtat. L'objectiu de les sessions dels dimecres és potenciar la càrrega dels jugadors, és a dir, tots participen per igual, hi ha una homogeneïtat a l'hora d'assimilar la càrrega, observem que la ($r=0.071$) és més augmentada que els dilluns, però en aquesta no es van trobar significances en les correlacions.

Finalment, tractarem com afecta aquesta distribució en l'entrenament per a la posada a punt pel partit del cap de setmana, en aquesta sessió la ($r=0.140$) és la més elevada de les dues anteriors, això pot ser a causa del fet que com s'apropa la competició els jugadors són més reticents a realitzar avaluacions màximes i explosives per por a lesionar-se o guardar forces pel partit tal com expliquen Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W., (2015).

Per concloure aquesta discussió sobre els resultats analitzats volem tractar si hi ha relació entre la càrrega de la sessió i la diferència en el % de pèrdua entre posicions de joc.

L'única posició que ens ha donat una correlació significativa han estat els jugadors centrals, a les altres posicions no hem trobat correlacions significatives, aquests resultats tenen la implicació de les sessions on l'equip treballava accions específiques del joc amb els centrals, ja que en els últims partits havíem patit molts gols per errades defensives, i el centre d'atenció de tots els objectius de l'entrenament estaven centrats en accions de treball de salt per a centrals.

Cal fer referència a que aquest equip juga en defensa de tres centrals, amb molta sortida de pilota, i l'enfocament de totes les sessions era tractar de solucionar les errades defensives en joc aeri que dies anteriors hi havien penalitzat, en totes les tasques els jugadors feien accions de salt mínim 10 cops per tasca, que les demes posicions no realitzaven. Per aquest motiu en el salt CMJ que han realitzat els centrals ens ha donat una correlació significativa i les demes posicions no, ja que, en les altres posicions no realitzaven accions de salt en cap tasca.

Finalment, l'últim punt a tractar és observar com el volum de càrrega que els davanters i extrems assoleixen en les sessions (figura 11), aquesta té a veure amb el nostre joc, que és un joc al contraatac, amb grans metres d'alta velocitat i intensitat, aquestes accions fan que els davanters i els extrems estiguin més fatigats i la càrrega sigui major. Tal com s'anomena a l'estudi d'Oliver, Armstrong i William (2008), els jugadors que estan fatigats, les reduccions en l'activitat muscular tenen fortes significances cap el salt en contramoviment. La pèrdua a l'activitat muscular va ser acompanyada per un augment a la força d'impacte pel que fa a la caiguda del salt, perquè aquest es realitza en un estat de fatiga.

Aquest estil de joc fatiga molts als jugadors atacants, per aquest motiu quan realitzen el test CMJ, són molt reticents a realitzar el salt amb la força màxima, ja que volen guardar forces per recuperar-se millor per la pròxima competició.

7. Conclusions

De tot aquest anàlisi podem afirmar que la nostra hipòtesi ha estat verificada. El salt CMJ ens pot ajudar com a un indicador de fatiga neuromuscular, però aquest té limitacions, anomenades a la discussió, ja que els jugadors són reticents a realitzar avaluacions màximes i explosives en els dies posteriors a l'entrenament elevat o les càrregues dels partits

El test de CMJ també diferencia segons els dies d'entrenament, no és el mateix entrenar 3 dies a la setmana que 4, pel que fa al període de recuperació i això també ens pot donar una idea de com recupera el jugador.

En aquest indicador de fatiga neuromuscular hem de tindre en compte el període de competició, ja que durant la temporada els jugadors tindran un guany de la seva força i aniran millorant les marques anteriors.

Finalment, l'última conclusió que puc extreure d'aquesta investigació és que el salt del CMJ també està condicionat per com juga l'equip i quins jugadors assimilen millorar la càrrega plantejada per les accions del joc.

8. Línies futures d'investigació

Com a línies futures d'investigació d'aquest treball de fi de màster és realitzar el treball de camp amb un major temps per poder realitzar aquesta investigació i així disposar de més temps per obtenir una major mostra.

Per un futur, també podem tindre en compte realitzar aquesta investigació passant les proves en dos o tres trams de la temporada, és a dir, passar els test a l'agost, al gener i al juny, i així poder veure l'evolució dels jugadors i realitzar l' anàlisi descriptiu extret.

9. Reflexions

En primer lloc, m'agradaria destacar la situació sanitària en la que ens hem vist tots immersos durant aquesta investigació, ja que s'ha vist afectada per una pandèmia a nivell mundial que va obligar a retallar els seus períodes d'investigació. La idea principal era realitzar 4 mesos de treball de camp i el qual obligatòriament s'ha vist reduït en tan sols en una investigació de 5 setmanes.

Posteriorment, volia incidir en la importància d'obtenir la confiança de la gent per tal de portar a terme un estudi d'investigació com aquest ja que depens molt del club, esportistes, entrenadors, etc.

Pel meu futur professional, aquest ha estat un estudi molt interessant ja que si em vull dedicar a la preparació física, he après diferents mètodes per conèixer millor als esportistes que abans de la realització d'aquest TFM no coneixia.

10. Agraïments

En primer lloc, vull expressar el meu agraïment al tutor que m'ha orientat en aquest TFM, el Dr. Bernat Buscà, per la dedicació i suport que m'ha brindat en aquest treball, per respectar als meus suggeriments i idees i per la direcció i enfocament cap el mateix. Gràcies per la confiança rebuda des del principi.

Així mateix, agraeixo als 20 futbolistes que han participat en aquest TFM pel seu suport personal i humà, facilitant-me la realització d'aquest projecte. Un treball d'investigació és sempre fruit d'idees, reptes i esforços que corresponen al treball col·lectiu de diferents persones.

També, vull destacar el meu més sincer agraïment al Dr. Jose Morales, de la Universitat Blanquerna - Ramon Llull, per les seves tutories sobre estadística. Gràcies per la seva amabilitat, orientació i atenció a totes les meves consultes sobre la investigació, per facilitar-me l'ajuda necessària amb el programa JASP i per invertir el seu temps i les seves idees en mi.

El meu agraïment, també, al Departament d'Investigació de la Universitat Blanquerna - Ramon Llull, pel material facilitat i els suggeriments rebuts.

Finalment, gràcies a la Prf. Patricia Blasco, per la revisió acurada que s'ha fet d'aquest text i els seus valuosos suggeriments en moments de dubte. Però un treball de recerca és també fruit del reconeixement i del suport vital que ens ofereixen les persones que ens estimen, sense el qual no tindríem la força i energia que ens anima a créixer com a persones i com a professionals.

Però, sobretot, gràcies al meu club; *Atlètic Sant Just F. C.*, per la seva paciència, comprensió i solidaritat en aquest projecte, pel temps que m'han concedit, un temps extret dels seus entrenaments. Sense el seu suport aquest projecte mai s'hauria pogut portar a terme i, per això, aquest treball és també seu.

A tots, moltes gràcies.

11. Bibliografía

Abaïdia, A. E., Lamblin, J., Delecroix, B., Leduc, C., McCall, A., Nédélec, M., Dupont, G. (2017). Recovery from exercise-induced muscle damage: Cold-water immersion versus whole-body cryotherapy. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(3), 402–409. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0186>

Altamira Colado, E., Alejandra Mayorga León, M., & Daniel Paredes Zazueta, G. (2017). *Electromiograma (EMG)*, (September), 5. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19996.80004>

Álvarez, J., Coutts, A., & Andrín, G. (2007). *Monitorización del entrenamiento en deportes de equipo*. *Lecturas: Educ Fís Dep*, 11(106), 1-8.

Arce Rodríguez, E. (2015). *Mecanismos fisiológicos de la fatiga neuromuscular*. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*, (615), 461–464.

Ayllón, F. N., Moro, M. I. B., & Romo, G. R. (2009). *Control de la intensidad en los entrenamientos de fuerza por medio de la percepción subjetiva de esfuerzo*. *Kronos: revista universitaria de la actividad física y el deporte*, (15), 59-66.

Bahr, R., i Krosshaug, T. (2005) *Understand in injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport*. *Br J SportsMed*, ;39(6): 330-9.

Becerra Vásquez, H. G. (2017). *Diseño de un sistema para medir la fuerza de corte en el acero sae 1020 utilizando galgas extensométricas*.

Blas, X. D., Padullés Riu, J. M., López del Amo, J. L., & Guerra-Balic, M. (2012). *Creation and validation of Chronojump-Boscossystem: A free tool to measure vertical jumps*.

Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Ed. Paidotribo. Barcelona.

Bosco, C., & Vila, J. M. (1991). *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista* (pp. 72-89). Paidotribo.

Bouزيد, M. A., Ghattassi, K., Daab, W., Zarzissi, S., Bouchiba, M., Masmoudi, L., & Chtourou, H. (2018). Faster physical performance recovery with cold water immersion is not related to lower muscle damage level in professional soccer players. *Journal of Thermal Biology*, 78, 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.10.001>

Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement*. Human kinetics.

Fernandez García, B., Terrados Cepeda, N. (2004). *La Fatiga Del Deportista*. 1st ed. Madrid: Gymnos.

González-Badillo, J. J., & Izquierdo-Redín, M. (2006). *La carga de entrenamiento y el rendimiento en fuerza y potencia muscular.*, 19.

Gómez, D. C. (2013). La tecnología GPS aplicada a la evaluación del entrenamiento y la competición en fútbol. *Apunts Educación Física y Deportes*, (112), 96.

Gómez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M. A., Brousett Minaya, M., & Fogaca-Hochmuller, R. T. (2010). The mechanisms involved in acute fatigue. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 10(40), 537–555.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (Vol. 3). México: McGraw-Hill.

Hooper, SL, Mackinnon, LT, Howard, ALF, Gordon, RD y Bachmann, AW (1995). *Marcadores para monitorear el sobreentrenamiento y la recuperación*. Medicina y Ciencia en Deportes y Ejercicio.

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). *Physiological assessment of aerobic training in soccer*. *JSports Sci*, 23(6), 583-592.

Jimenez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Morcillo, J., Párraga, J., & González-Badillo, J. (2016). Mechanical, Metabolic and Perceptual Response during Sprint Training. *International Journal of Sports Medicine*, 37(10), 807-812. doi:10.1055/s-0042-107251.

Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports medicine*, 41(4), 307-328.

Naclerio, F., Barriopedro, I., & Rodríguez, G. (2009). *Control de la Intensidad en los Entrenamientos de Fuerza por medio de la Percepción Subjetiva del Esfuerzo*. *Kronos*, 8(14), 59-66.

Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., & Terrados, N. (2017). Fatigue and Recovery in Soccer: Evidence and Challenges. *The Open Sports Sciences Journal*, 10(1), 52–70. <https://doi.org/10.2174/1875399x01710010052>

McHugh, M. P., Clifford, T., Abbott, W., Kwiecien, S. Y., Kremenec, I. J., DeVita, J. J., & Howatson, G. (2019). Countermovement jump recovery in professional soccer players using an inertial sensor. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(1), 9–15. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0131>

Mujika, I. (2006). Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición. *Kronos: Revista universitaria de la actividad física y el deporte*, (10), 45-54.

Oliver, J., Armstrong, N., & Williams, C. (2008). Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 141–148. <https://doi.org/10.1080/02640410701352018>

Pau, M., Ibba, G., y Attene, G. (2014). Fatigue-induced balance impairment in young soccer players. *Journal of Athletic Training*, 49(4), 454-461.

Reilly, T., Morris, T., & Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: A review. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 575-589. [doi:10.1080/02640410902729741](https://doi.org/10.1080/02640410902729741).

Romero, D., i Tous, J. (2011). *Prevención de lesiones en el deporte. Claves para un rendimiento óptimo*. Madrid: Médica Panamericana

Saidi, K., Zouhal, H., Rhibi, F., Tijani, J. M., Boullosa, D., Chebbi, A., Abderrahman, A. Ben. (2019). Effects of a six-week period of congested match play on plasma volume variations, hematological parameters, training workload and physical fitness in elite soccer players. *PLOS ONE*, 14(7), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219692>

Stone, K. J., y Oliver, J. L. (2009). The effect of 45 minutes of soccer-specific exercise on the performance of soccer skills. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4 (2), 163-175.

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. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2015-0004>

Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). 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, 107–113. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0433>

Verkhoshansky, Y. (2006). *Todo sobre el método pliométrico* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.

Wallace, L. K., Slattery, K. M., Coutts, A. J. (2009). La validez ecológica y la aplicación del método RPE de la sesión para la cuantificación de las cargas de entrenamiento en natación. *J Strength Cond Res* ; 23: 33-8.

Winder, N., Russell, M., Naughton, R., & Harper, L. (2018). The Impact of 120 Minutes of Match-Play on Recovery and Subsequent Match Performance: A Case Report in Professional Soccer Players. *Sports*, 6(1), 22. <https://doi.org/10.3390/sports6010022>

White, G. E., Rhind, S. G., & Wells, G. D. (2014). The effect of various cold-water immersion protocols on exercise-induced inflammatory response and functional recovery from high-intensity sprint exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 114(11), 2353–2367. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2954-2>

Wong, D. P., Prieske, O., Padulo, J., Kunz, P., Holmberg, H.-C., Zinner, C., & Sperlich, B. (2019). Intra- and Post-match Time-Course of Indicators Related to Perceived and Performance Fatigability and Recovery in Elite Youth Soccer Players, 10(November), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01383>

Zemková, E., y Hamar, D. (2009). The effect of soccer match induced fatigue on neuromuscular performance. *Kinesiology*, 41(2), 195-202.

Zurutuza, U., Castellano, J., Echeazarra, I., & Casamichana, D. (2017). Absolute and relative training load and its relation to fatigue in football. *Frontiers in psychology*, 8, 878.