UNIVERSITAT DE VIC
UNIVERSITAT CENTRAL
DE CATALUNYA

L'efecte de la crioteràpia en la recuperació muscular del tren inferior en el futbol amateur

Xavier PAREJA i PLADEVALL

Ernest Baiget

Treball de final de grau

4t CAFE

Facultat d'Educació, Traducció i Ciències Humanes

Universitat de Vic – Universitat Central de Catalunya

Vic, 14 de maig de 2018

Resum: Aquest estudi vol demostrar l'eficàcia de la crioteràpia com a mitjà de recuperació muscular del tren inferior en futbolistes amateurs. Vuit futbolistes del FC Artés van servir de mostra per dur a terme la investigació, cada un d'ells van haver de sotmetre's a 5 minuts de crioteràpia amb l'aigua a 15 ºC just després d'un partit de futbol per tal de poder analitzar els nivells de potència de salt, d'acceleració i d'agilitat. Per poder extreure'n els valors van realitzar tres proves del test de bosco (Bosco i Riu, 1994): squat jump, countermovement jump i Abalakov, un esprint de vint-i-un metres i el test d'Illinois. Els participants van haver de realitzar les següents proves un total de tres vegades, la primera per extreure'n els resultats de base, la següent per analitzar l'efecte de la crioteràpia, aplicada després del partit, i l'última sense haver realitzat la metodologia de recuperació després del partit. Les proves es varen realitzar 24 hores després de finalitzar el partit. Els resultats demostren que la crioteràpia millora la recuperació en la capacitat de salt: squat jump (1,46%), countermovement jump (3,48%) i Abalakov (3,79%) en relació als resultats extrets sense l'aplicació de crioteràpia post partit. Pel que fa al test d'Illinois (0,25%) i l'esprint de 21 metres (0,04%), també hi ha millores en la recuperació, però són insignificants. Tot i que la crioteràpia augmenta lleugerament la recuperació en les proves de salt, i en menor mesura, les proves d'agilitat i d'acceleració, no és un mètode eficient de recuperació muscular del tren inferior en futbolistes amateurs.

Paraules clau: Crioteràpia, futbol amateur, recuperació muscular, aigua freda, tren inferior.

Abstract: The aim of this study was to demonstrate the effects of cryotherapy as a lower limb muscular recuperator in amateur footballers. Eight soccer players from FC Artés were the participants of the investigation, each one made 5 minutes of cryotherapy with water at 15ºC just after a soccer match to analyse the jump power, acceleration and agility. They made three jumps from the Bosco test (Bosco i Riu, 1994): squat jump, countermovement jump and Abalakov, a sprint of twenty-one meters and the Illinois test. The participants did three times the tests, once to know the results without fatigue, the second to analyse the effect of cryotherapy, applied after the football match, and the last one without having done the recovery methodology after the game. The tests were made 24

hours after finishing the match. The results shows that cryotherapy improves the recovery of the power of the jumps: squat jump (1,46%), countermovement jump (3,48%) and Abalakov (3,79%), compared to the results obtained without the application of cryotherapy after the match. About the Illinois test (0,25%) and the sprint of 21 meters (0.04%), there are improvements in recovery, but they are insignificant. Although cryotherapy slightly increases the recovery in salt tests, and less, the agility and acceleration tests, cryotherapy is not a efficient method of muscular recovery of the lower limb in amateur football players.

Keywords: Cryotherapy, amateur football, muscle recovery, cold water, lower limb.

Índex

1. Introducció 5

2. Fonamentació teòrica 7

2.1. La fatiga al futbol 7

2.1.1. Mecanismes de fatiga en el futbol 8

2.2. Fisiologia del futbol 11

2.2.1. Indicadors externs 12

2.2.2. Indicadors interns 14

2.3. Crioteràpia 15

2.3.1. Que és la crioteràpia? 15

2.3.2. Efectes de la crioteràpia 16

2.3.3. Mitjans i tècniques d'aplicació 18

3. Objectius de la recerca 21

3.1. Objectiu general 21

3.2. Objectius personals 21

3.3. Hipòtesi 21

4. Metodologia 22

4.1. Descripció del disseny 22

4.2. Variables 24

4.3. Mostra 24

4.4. Material 25

4.5. Proves 25

5. Resultats 28

5.1. Taules 28

5.2. Gràfics 31

6. Discussió 33

6.1. Limitacions 36

7. Conclusions 38

8. Referències bibliogràfiques 39

1. Introducció

Aquest treball pertany a l'assignatura treball de fi de grau del quart any del grau de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport de la Universitat de Vic. Aquesta assignatura et dóna l'oportunitat de començar a introduir-te en el món de la recerca realitzant una investigació amb tots els aspectes que engloben un estudi d'aquestes característiques, començant per la fonamentació teòrica del tema a analitzar, desenvolupant un disseny de la metodologia que s'utilitzarà per avaluar els resultats de l'estudi i finalment, dur a terme una discussió i unes conclusions finals on s'interpretin els resultats i se n'extregui una aplicació pràctica de la recerca.

En la meva investigació, he analitzat l'efecte de la crioteràpia com a mitjà de recuperació muscular del tren inferior en futbolistes amateurs. L'elecció d'aquest temari és degut al fet que sempre m'ha interessat trobar algun mètode econòmic que pugui reduir els temps de recuperació muscular dels esportistes, i crec que la crioteràpia n'és un d'ells, ja que no implica tecnologies ni grans dificultats logístiques, perquè amb un simple bidó ple d'aigua i gel triturat, es pot obtenir un mètode de recuperació muscular.

Per altra banda, he escollit realitzar l'estudi amb esportistes amateurs, ja que no tots els professionals del grau de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport podem treballar amb professionals, i per tant, és una recerca del que ens trobem dia a dia la gran majoria de graduats. No obstant això, tampoc hi ha gaires recerques amb esportistes amateurs i és un fet que m'ha decidit a fer alguna cosa diferent de la resta.

Tanmateix, un altre factor que m'ha ajudat a escollir el tema és que en aquesta investigació, els resultats són extrets de les tecnologies de l'esport, com per exemple: la plataforma de contactes, el Chronojump o el mateix Kinovea. Fet que m'ha servit per aprendre a treballar amb elles i per tant, apropar-me una mica a les eines que utilitzen els professionals de l'esport per avaluar certs aspectes.

No obstant això, en aquest treball hi trobarem la fonamentació teòrica, on s'ha cercat informació sobre la fatiga i la fisiologia del futbol, analitzant mecanismes de fatiga i indicadors interns i externs, i sobre que és la crioteràpia, quins són els efectes de la mateixa i com s'aplica. Tot seguit, trobarem els objectius de la

recerca juntament amb la hipòtesi del treball. A més, també s'hi descriu la metodologia que s'ha utilitzat per valorar i analitzar l'efecte de la crioteràpia en la recuperació muscular, juntament amb els resultats extrets a partir de les taules i els gràfics. A continuació, hi trobem les discussions, on s'interpreten els resultats obtinguts i es comparen amb altres estudis prèviament realitzats per altres autors, les limitacions de l'estudi i la valoració de la hipòtesi. Finalment, s'exposen les conclusions del treball on es fa un resum de tot el que s'ha trobat en la recerca i s'explica se n'extreu una aplicació pràctica.

2. Fonamentació teòrica

En aquest apartat s’exposen els principals motius que generen fatiga del futbol, la fisiologia de l’esport i la descripció i explicació de com s’utilitza i que és la crioteràpia.

2.1. La fatiga al futbol

Segons Nedelec et al. (2012), Un partit de futbol condueix a una disminució del rendiment físic associat amb l'alteració dels paràmetres psicofisiològics que progressivament tornen als valors inicials durant el procés de recuperació. Diversos estudis han informat que es requereixen més de 72 hores per arribar a valors de rendiment físic previs al partit, així com normalitzar el dany muscular i la inflamació entre els jugadors d'elit, jugadors de primera i segona divisió. Durant els períodes en què el cronograma està particularment congestionat (és a dir, dos partits per setmana durant diverses setmanes), el temps de recuperació permès entre dos partits successius de 3-4 dies, que pot ser insuficient per restaurar l'homeòstasi normal dins dels jugadors. Com a resultat, els jugadors poden experimentar fatiga aguda i crònica que pot portar a baix rendiment i / o lesions. A més, Dupont et al. (2010) van demostrar una taxa més alta de lesions (6,2 vegades més gran) en jugadors que van jugar dos partits per setmana en comparació amb aquells que van jugar només un partit per setmana. Quan els equips han de disputar molts partits seguits, els jugadors utilitzen estratègies de recuperació per intentar recuperar el rendiment més ràpid, reduir la fatiga i reduir el risc de lesions.

Segons Nedelec et al. (2012), el futbol involucra moltes activitats físiques exigents. Com per exemple les velocitats, els canvis de direcció, els canvis de ritme, les velocitats d'execució, els salts i els cops o lluites per la pilota amb l’adversari. Per altra banda, també hi ha un desgast físic en les accions tècniques com ara els regats, els xuts o les passades. En realitzar aquestes accions, es pot produir un descens en el rendiment a causa de la disminució del nivell físic, aquest fenomen és conegut com a fatiga. En general, la fatiga es defineix com qualsevol disminució del rendiment muscular associat amb l'activitat muscular. En el futbol, la fatiga es produeix temporalment després de períodes intensos de temps en ambdues meitats.

Rampinini et al. (2011) per exemple, van observar reduccions en els extensors de genolls, en l'activació voluntària màxima, en l'activitat electromiogràfica i en les respostes de màxima extensió del genoll a estimulacions aparellades a 10Hz després d'un partit. La fatiga relacionada amb el partit es determina per una combinació de factors centrals i perifèrics. La disminució del rendiment observat al final d'un partit sorgeix d'una combinació de diversos factors que impliquen mecanismes del sistema nerviós central a la mateixa cèl·lula muscular i producció d'energia.

2.1.1. Mecanismes de fatiga en el futbol

Segons Nedelec et al. (2012), els mecanismes de fatiga més comuns en el futbol són:

2.1.1.1. La deshidratació

Un equilibri de líquids negatiu és una característica comuna observada després dels partits de futbol, ja que les regles del futbol limiten l'oportunitat perquè els jugadors es rehidratin. El nivell de deshidratació també depèn de les condicions climàtiques i atmosfèriques (clima, vent, temperatura, humitat i altitud). Després d'un partit jugat en un ambient calent (31.2ºC - 31.6ºC), hi ha una pèrdua neta de fluids del 2% de la massa corporal inicial. A més, es va observar una correlació significativa entre el moment de la pèrdua de fluids i l'índex de fatiga en una prova d'esprint posterior al partit. Els dèficits de fluids moderats corresponents al 2% de la massa corporal són freqüents fins i tot en els partits de futbol jugats en condicions neutrals. Malgrat que la deshidratació moderada no perjudica el rendiment anaeròbic, la capacitat tècnica i el rendiment cognitiu, alguns estudis han demostrat que la pèrdua moderada de líquid és perjudicial pel rendiment d'un exercici de resistència com és el futbol, ja que la deshidratació s'associa amb una disminució del rendiment de la resistència, el temps per rehidratar-se és crucial. És probable que la deshidratació tingui un paper limitat en la fatiga del partit de futbol, ja que el temps per rehidratar-se són relativament curts sempre que es respectin les normes del joc. Tanmateix, la rehidratació apareix com un factor determinant durant el procés de recuperació posterior a la coincidència, ja que la pèrdua del volum de líquid intracel·lular redueix les taxes de síntesi de glucogen i proteïnes, mentre que el volum de la cèl·lula alta contribueix a estimular aquests processos.

2.1.1.2. Esgotament de glucogen

En un jugador de futbol, el glicogen o glucogen muscular és probablement el substrat més important per a la producció d'energia. La disminució en la freqüència d'alta intensitat observada freqüentment al final d'un partit pot estar relacionada amb l'esgotament del glucogen en algunes fibres musculars.

Krustrup et al. (2011), va demostrar que abans de tres partits jugats per 31 jugadors de la quarta divisió danesa, la majoria de les fibres es classificaven com a plenes de glucogen, mentre que aquest valor era menor després del partit. Segons aquests autors, és possible que aquest esgotament del glucogen en algunes fibres no permeti un esforç màxim en esprints individuals i repetits. El recorregut temporal de la recuperació de glucògens musculars després d'un partit de futbol d'alt nivell pot durar entre 2 i 3 dies. Els mateixos autors van observar que fins i tot quan els jugadors ingerien una alta quantitat de carbohidrats en la seva dieta, immediatament després del partit i 24 hores després, els seus continguts de glucogen eren del 43% en relació als valors previs al partit.

En la mateixa línia, Jacobs et al. (1982) va demostrar que la concentració de glucogen muscular de vuit jugadors de la lliga sueca era el 50% més baixa dos dies després d'haver-se disputat el partit, en comparació als valors de glucogen que s'obtenien abans de disputar-se el partit.

2.1.1.3. Danys musculars

Durant un partit de futbol, on es donen moltes accions d'alta intensitat, es donen moltes contraccions musculars, tant concèntriques com excèntriques i aquest fet produeix danys musculars. De fet, els canvis de direcció, les acceleracions i les desacceleracions són particularment perjudicials per al múscul. Les contraccions musculars excèntriques durant aquestes accions són considerables i poden explicar el notable augment de dolor muscular i signes de dany muscular observats després dels partits a causa del trencament de fibres musculars. No obstant això, les accions inusuals o les que obliguen al jugador a realitzar moviments als quals no estan acostumats també poden produir dany muscular. Aquests danys musculars s'atribueixen a l'alteració mecànica de la fibra, incloent-hi el dany de la membrana, les alteracions caracteritzades per la desorganització del miofilament i la pèrdua d'integritat del disc Z. Mentre que el

dany posterior està relacionat amb processos inflamatoris i canvis d'acoblament excitació-contracció dels músculs.

La gravetat del dany muscular varia des de la microlesió d'un petit nombre de fibres fins a la disrupció d'un múscul complet. El dany muscular es caracteritza per una disminució temporal de la funció muscular, un augment de les proteïnes intracel·lulars a la sang, un augment del dolor muscular i un augment de la inflamació del grup muscular involucrat. En conseqüència, les següents variables es fan servir per estudiar el dany muscular: força de contracció voluntària màxima, marcadors de sang com la creatina quinasa (CK), concentracions de mioglobina, dolor muscular, rang de moviment i inflamació. El dany muscular també pot alterar el curs temporal dels mecanismes vinculats a la recuperació del rendiment després d'un partit de futbol.

En resum, la repetició de canvis de direcció i les acceleracions i desacceleracions al llarg d'un partit de futbol indueixen un dany muscular que condueix a una marcada resposta inflamatòria dels grups musculars i estrès oxidatiu regulat a l'alça durant la recuperació. Els canvis estructurals en proteïnes importants per a la producció de força, poden causar un deteriorament del rendiment físic durant les hores i els dies posteriors al partit. Qualsevol retard en la reparació del dany muscular també pot afectar el resultat de diversos mecanismes que tenen lloc durant la recuperació. Com a conseqüència, és probable que el dany muscular sigui un factor important a considerar en un intent d'explicar la fatiga del partit post-futbol.

El temps de recuperació mitjà després d’un partit de futbol d’alta intensitat és de 72 hores. Per reduir aquests danys i agilitzar la recuperació, es podrien concebre més estratègies de recuperació individualitzades després del partit.

2.1.1.4. Fatiga mental

Disputar un partit de futbol provoca pertorbacions fisiològiques però també produeix estrès psicològic en els jugadors a causa de la necessitat d'una concentració sostinguda, habilitats perceptives i presa de decisions combinades amb la pressió de l'oponent durant el partit.

Durant un partit, l'entorn de joc canvia constantment, els jugadors han de recollir informació sobre la pilota, els companys i oponents abans de decidir una

resposta adequada basada en els objectius actuals (per exemple, estratègia, tàctica) i les limitacions d'acció (per exemple, habilitat tècnica, capacitat física).

Treballar en tasques cognitivament exigents durant un temps considerable sovint condueix a la fatiga mental, que pot afectar el rendiment. Nombrosos estudis han informat que els participants fatigats encara poden realitzar habilitats automàtiques excessivament apreses, mentre que el seu rendiment es deteriora significativament quan les tasques requereixen l'assignació voluntària de l'atenció. La fatiga mental també pot afectar el rendiment físic.

La inconveniència i l'estrès dels viatges és un altre factor que pot augmentar la fatiga mental en els jugadors. Els efectes perjudicials reportats del viatge en el rendiment esportiu en equip poden explicar-se per la interrupció dels ritmes circadians (desfasament horari o arribada durant la nit) i / o el procés de viatge, juntament amb l'estrès associat, moviment restringit, entorns de son desconeguts que condueixen a alteracions del son i pitjor qualitat del son.

Quan la llista de partits competitius està congestionada, pot haver-hi un temps insuficient entre els partits perquè els participants recuperin els seus recursos psicològics, el que pot conduir a la manca de motivació i esgotament mental.

2.2. Fisiologia del futbol

El punt de partida per definir les demandes d'una activitat esportiva és l'anàlisi de les accions i moviments que es realitzen durant la competició i de la seva intensitat (Reilly, 1990), però en alguns esports col·lectius acíclics i intermitents l'anàlisi de les necessitats energètiques presenta nombrosos problemes metodològics (Grosgeorge, 1990):

- Variabilitat de la distància recorreguda i de la velocitat.
- Modalitats específiques de desplaçament.
- Interposició d'esforços isomètrics entre els desplaçaments.
- Cost energètic lligat a la perfecció del gest tècnic.
- Possibilitat d'arribar a un mateix rendiment sol·licitant vies energètiques diferents.

El futbol es caracteritza per ser un exercici físic discontinu, intermitent i de gran intensitat, en què s'alternen curses i períodes de repòs amb salts o cursa

contínua de baixa intensitat; obtenint-se energia per a totes aquestes accions a partir de les tres vies metabòliques. És un esport d'equip, i hi ha diferències individuals entre els jugadors que es reflecteixen en la funció que cada un realitza en el camp (Bangsbo i al., 1991). Per estudiar el treball efectuat per cada jugador, i poder avaluar, així, el seu cost energètic durant un partit, no és possible recórrer a indicadors directes com la determinació del V02, sinó que cal basar-se en el mesurament d'un conjunt de paràmetres o indicadors indirectes, que seran de dos tipus: interns (freqüència cardíaca i lactacidèmia) i externs (distància total recorreguda i intensitat) (Grosgeorge, 1990). D'aquesta manera la major part d'estudis realitzats respecte als aspectes fisiològics del futbol es basen en l'observació d'un o diversos d'aquests aspectes i la seva comparació amb els resultats obtinguts en els diferents tests de valoració funcional en el laboratori o en el mateix terreny mitjançant accions de simulació.

2.2.1. Indicadors externs

En aquest apartat es fraccionen els indicadors esterns que engloben la fisiologia del futbol.

2.2.1.1. Distància total recorreguda

Segons Perdrix et al. (1995) l'avaluació dels desplaçaments efectuats ajudarà a determinar la despesa energètica del futbolista al final del joc. En els diferents treballs revisats hi ha variacions substantives pel que fa a la distància recorreguda per cada jugador, variacions que poden estar relacionades, de vegades, amb els mètodes de registre utilitzats. S'observen oscil·lacions de fins a 3-4 km per partit sent els valors més baixos descrits de 7 km per partit i 13 km la distància més elevada.

Per altra banda, Bangsbo et al. (2006), demostra que la distància típica abastada per un jugador de camp d'elit durant un partit de futbol és de 10-13 km. Tot i que amb partits amistosos jugats per jugadors no professionals van obtenir resultats similars a un nivell d'elit i aquestes distàncies van ser de 9'75 ± 0'33 Km, fet que demostra que no hi ha una gran diferència entre el futbol semi-professional i el futbol d'elit llevat que els jugadors del més alt nivell recorren un 5% més de distància que jugadors de nivell moderat.

2.2.1.2. Intensitat

S'ha estimat que aproximadament el 80-90% del rendiment es gasta en l'activitat de baixa a moderada intensitat, mentre que el 10-20% restant són activitats d'alta intensitat (Bloomfield et al., 2007).

Tot i això, segons Bangsbo et al. (2006), hi ha diferències en les intensitats de desplaçaments en funció de la posició dels futbolistes i aquestes són:

- Els defenses cobreixen una distància considerable a una alta intensitat i esprint.
- Els atacants cobreixen una distància a alta intensitat igual als defenses i als jugadors del mig camp, però realitzen més esprints que els jugadors del mig del camp i els defensors.
- Els migcampistes cobreixen una distància total i una distància a una alta intensitat similar als defenses i atacants, però van realitzar menys esprints.

Per altra banda, nombrosos autors han efectuat l'anàlisi de la intensitat de l'esforç realitzat durant el partit de futbol, en l'intent de relacionar aquest esforç amb el procés metabòlic que ho fa possible.

Per Reilly (1990), la intensitat dels esforços realitzats es pot classificar de la manera:

- Esprints: entre 800 i 1.100 m.
- Carrera lenta: de 2 a 4 km segons el lloc ocupat en l'equip.
- Velocitat elevada: 2 km.
- Carrera de retrocés: 0'5 km.

Pirnay et al. (1991), divideixen la intensitat dels desplaçaments en les següents categories:

- Categoria 1: marxa suau (jogging), al 50% -70% de la intensitat màxima. L'energia és proveïda pel metabolisme aeròbic.
- Categoria 2: cursa a ritme ràpid, d'intensitat propera al 80%, de 5 a 15 segons de durada, en els quals es sobrepassa el llindar anaeròbic.

- Categoria 3: comprèn els esprints d'alguns segons a intensitat supramáxima i les accions explosives com salts o trets de pilota. Correspon al metabolisme anaeròbic alàctic.
- Categoria 4: són els períodes d'activitat reduïda en què el jugador no participa directament en el joc.
- Categoria 5: Inclou les pauses del joc.

2.2.2. Indicadors interns

En aquest apartat es fraccionen els indicadors interns que engloben la fisiologia del futbol.

2.2.2.1. Freqüència cardíaca

Grosgeorge (1990), distingeix comportaments diferents en funció de la col·locació en l'equip:

- Els davanters tenen una freqüència cardíaca inferior a 160 pulsacions/minut durant la major part del partit, aconseguint, però, valors superiors a 180 pulsacions/minut durant més de 9 minuts
- Els centrecampistes i defenses presenten una freqüència cardíaca entre 160 pulsacions/minut i 180 pulsacions/minut durant la major part del temps de joc.

Pirnay et al. (1991), demostren amb el seu estudi que la freqüència cardíaca mitjana dels jugadors de futbol és de 167±4 pulsacions/minut i argumenten que durant la major part del partit, els jugadors es troben entre el 80 i 90% de la freqüència cardíaca màxima.

2.2.2.2. Consum d’oxigen

Segons Bangsbo (2006), el consum d'oxigen mitjà en els futbolistes en un partit de futbol està al voltant del 70% del VO2màx.

No obstant això, segons Wisloff (1998), els valors mitjans de VO2max de jugadors amateurs són de 60.1 ± 2.3 ml/min/kg i van obtenir resultats similars als dels millors jugadors de futbol del món, els valors varien entre 55-67 ml/kg/min. Sent diferent aquest consum entre jugadors ofensius, de mig camp i defensius (els jugadors de mig camp tenen un consum de VO2màx major).

2.2.2.3. Lactacidèmia

Els valors obtinguts únicament són indicadors de l'esforç realitzat en els 5 minuts anteriors a la presa de la mostra de sang, no podent-se utilitzar aquests mesuraments per determinar el producte energètic anaeròbic làctic del partit complet (Bangsbo et al. 1991).

Davant d'això, Grosgeorge (1990) va intentar fraccionar els 90 minuts del partit en mesuraments periòdics de la lactacidèmia. Els resultats es mostren relativament estables al llarg del partit, ja que va realitzar mesuraments de la lactacidèmia durant un partit cada 15 minuts.

2.3. Crioteràpia

En aquest apartat s'explica que és la crioteràpia, els efectes d'aquesta metodologia de recuperació muscular quan s'utilitza i els mitjans o mètodes d'aplicació que es poden utilitzar.

2.3.1. Que és la crioteràpia?

Segons Ni et al. (2015), la crioteràpia es defineix com un conjunt de procediments que utilitzen l'efecte del fred en la terapèutica mèdica. Es pot produir un efecte refrigerant per tres mecanismes, la conducció, la convecció i evaporació. Tant l'evidència neurofisiològica com la clínica, suggereixen que el seu ús redueix el flux sanguini local, la taxa metabòlica dels teixits i la velocitat de conducció nerviosa. Aquests efectes tissulars són els responsables d'una sèrie d'efectes terapèutics atribuïts a la crioteràpia com són: Disminució de la reacció inflamatòria producte del trauma agut, disminueix el dolor, retarda la formació d'edema i redueix la ferida hipòxia secundària a la noxa.

Per altra banda, Garcia i Sasia (2015) asseguren que la crioteràpia és una modalitat de termoteràpia superficial que consisteix en l'aplicació local o sistèmica de fred amb finalitats terapèutiques. Aquesta és una de les modalitats físiques més utilitzades en fisioteràpia i és àmpliament utilitzada per a l'alleujament del dolor. També és una de les modalitats més utilitzades per lesions agudes o per alleujar el dolor. La seva indicació s'ha sustentat en mecanismes d'acció, sense una base científica o estudis clínics que avalin la seva efectivitat. Tot i que hi ha alguna evidència que avala l'ús de la crioteràpia en la disminució de dolor, així com en l'aplicació en esportistes i espasticitat.

Per finalitzar, segons Apolo et al. (2005), la crioteràpia és simplement la utilització del fred com a mitjà terapèutic.

2.3.2. Efectes de la crioteràpia

Segons Apolo et al. (2005), la crioteràpia en l'àmbit esportiu és molt utilitzada amb diverses finalitats i amb resultats qualitatius positius. Hi ha efectes en la disminució del dolor, metabolisme, edema, inflamació, espasme muscular i facilita el procés de recuperació després d'una lesió, permetent una ràpida tornada a l'activitat esportiva. Tot i això, existeixen controvèrsies entre els diferents mètodes, tècniques, i freqüències d'aplicació.

Segons el mateix article, Apolo et al. (2005), la crioteràpia té uns efectes biofisiològics sobre el cos de les persones:

- Disminució de la temperatura, el refredament dels teixits dependrà del mètode i durada de l'aplicació, temperatura inicial i gruix del teixit subcutani.
- Reducció del metabolisme tissular, disminuint el risc d'extensió del teixit lesionat per falta local d'oxigen
- Vasoconstricció i per tant, menor hemorràgia, seguida de vasodilatació.
- Disminució de l'edema i inflamació, per la reducció del flux sanguini capil·lar (gots menors)
- Millora de l'espasme muscular, reducció del cicle muscular dolor-espasme-dolor. Permetent que no s'alteri el flux sanguini en el teixit circumdant no lesionat.
- Disminució del dolor. Produeix efectes sobre el sistema nerviós perifèric, disminueix la velocitat de conducció, bloquejant la seva activitat simpàtica, efecte analgèsic.
- Efectes neuromusculars: redueix temporalment l'espasticitat.

Segons Wilcock, Cronin i Hing (2006), dins de les possibles modificacions fisiològiques generades per aquest mitjà de recuperació s'inclou alteracions en els fluids intracel·lulars e intravascular, reducció de l'edema muscular, increment de la resposta cardíaca (sense augment de la despesa energètica), augment del flux sanguini i possible increment del transport de nutrients i eliminació de productes de desempat. També s'han descrit possibles beneficis psicològics com

l'efecte analgèsic, per alteracions en les percepcions de dolor i malestar o la reducció de la sensació de fatiga durant la immersió amb aigua freda.

Meeusen i Lievens (1986) afegeixen que el fred també s'utilitza per reduir el temps de recuperació com a part del programa de rehabilitació tant després de lesions agudes com en el tractament de lesions cròniques. També s'ha demostrat que la crioteràpia redueix el dolor de manera efectiva en el període postoperatori després de la cirurgia reconstructora de les articulacions. Pel que fa als efectes fisiològics i biològics es deuen a la reducció de la temperatura en els diferents teixits, juntament amb l'acció neuromuscular i la relaxació dels músculs produïts per l'aplicació del fred. El refredament augmenta el llindar del dolor, la viscositat i la deformació plàstica dels teixits, però disminueix el rendiment del motor. També s'ha demostrat que l'aplicació de fred disminueix la reacció inflamatòria en una situació experimental. Per finalitzar, apunten que el fred sembla ser efectiu i inofensiu i es troben poques complicacions o efectes secundaris després de l'ús de la teràpia de fred. No obstant això, s'ha d'evitar l'aplicació prolongada a temperatures molt baixes, ja que això pot causar efectes secundaris greus, com ara cremades o lesions al sistema nerviós.

Per altra banda, alguns autors divideixen els efectes en 3 tipus (Fisiològics, antiinflamatoris i analgèsics):

- Fisiològics: A nivell motor, es produeix analgèsia i relaxació muscular. Els receptors de dolor són ràpidament sensibles a l'aplicació del fred. Aquest factor fa que s’exerceixi un efecte inhibidor central, sobre el dolor transmès per les fibres de petit calibre. Quan la temperatura arriba per sota dels 15 °C hi ha una disminució de la velocitat de conducció. Les fibres de petit calibre mielinitzades, que són les que transmeten el dolor, són les més accessibles a l'acció del fred (Kraeutler et al., 2015).

- Antiinflamatoris: Producte d'aquesta transferència tèrmica, es produeix una vasoconstricció cutània intervinguda per diferents mecanismes. L'activació directa dels receptors cutanis del fred estimula la musculatura llisa de les parets del vas sanguini per contreure, el refredament del teixit així mateix estimula l'alliberament de mediadors com serotonina i bradicinina que produeixen una vasoconstricció en la musculatura llisa

arteriolar i de l'esfínter precapil·lar, així com, producte de la vasoconstricció es disminueix la producció i alliberament de mediadors vasodilatadors com la histamina i prostaglandines. A més la disminució de la temperatura es provoca una activació reflexa medul·lar de les neurones simpàtiques adrenèrgiques que produeixen una vasoconstricció cutània (Domínguez et al., 2016).

- Analgèsic: L'efecte analgèsic de la crioteràpia es fonamenta en alguns canvis que s'evidencien a nivell de l'electrofisiologia neuromuscular. A causa de la disminució local de la temperatura cutània es produeix un retard, tant en l'obertura com en el tancament dels canals de sodi, produint-se un alentiment dels corrents de sodi responsables de la despolarització de les fibres nervioses i/o musculars, la qual que es tradueix finalment en una reducció de la velocitat de conducció nerviosa de l'axó. El fet de tenir un període refractari més llarg condiciona a més una disminució del potencial d'acció, que sumat a la disminució de la freqüència de descàrrega del nociceptor, explicarien l'augment del llindar del dolor i el potencial efecte hipoanalgésic atribuït a la crioteràpia (Domínguez et al., 2016).

2.3.3. Mitjans i tècniques d'aplicació

Segons Apolo et al. (2005), els mitjans per utilitzar la crioteràpia són els següents:

- Bosses de gel: Permeten un refredament de major intensitat, profunditat i durada. A més podem aconseguir un "coixinet de gel" introduint al congelador una bossa de goma o plàstic amb barreja de dues parts d'aigua i una d'alcohol, ja que aquest últim evita que es faci gel, fet que facilitarà l'aplicació a la zona local.

- Cold-packs: Són coixinets de gel premsat amb alcohol o gel de sílice que emmagatzemen i retenen al fred. Hi ha de diverses mides i formes i són reutilitzables. Per a la seva utilització han de romandre al congelador almenys 30 minuts (la primera vegada de la seva utilització són necessàries 24 hores).

- Bosses de gel d’un sol ús "bosses químiques": Alliberen fred després de colpejar o pressionar fortament la bossa. Exerceixen el seu efecte durant 20-40 minuts aproximadament i tenen l'avantatge del fàcil transport i emmagatzematge, útils com a tractament d'urgència. Per contra, només es poden utilitzar una vegada i el temps de refredament depèn de la temperatura corporal. El líquid pot escapar-se i produir una cremada química, per la qual cosa no haurien d'emprar sobre lesions facials.

- Tovalloles o draps humits: És la utilització de tovalloles que s'han introduït en banys amb gel picat i aigua, aplicant després de ser escorregudes. Són útils per a zones extenses. El refredament que produeixen és molt superficial i s’ha de canviar de tovallola cada 4-5 minuts, de manera que és poc eficaç.

- Banys freds: És la immersió en aigua gelada a una temperatura de 10º a 15ºC. També es pot fer omplint un recipient amb gel i la quantitat d'aigua freda justa per treure tot l'aire que es troba entre els gels. És un mètode utilitzat per al tractament de les parts distals del cos. L'efecte analgèsic s'aconsegueix ràpidament, permetent realitzar moviments en la part afectada (Criocinética). S'ha comprovat que la combinació d'aigua freda amb l'acció d'hidromassatge dels banys de raigs a pressió redueix la inflamació inicial i afavoreix la reparació. La dutxa d'aigua freda després de l'activitat de l'exercici aporta benestar i pot contribuir a la recuperació dels microtraumatismes produïts en l'exercici.

- Gels freds: És l'aplicació per via tòpica a l'àrea de dolor de gels que contenen compostos refrigerants com el mentol i l'etanol. Amb una aplicació de 4 vegades al dia es poden trobar eficàcia en la reducció del dolor, mal al moviment i limitació funcional.

- Criomasaje. (Massatge amb gel): Consisteix a donar un massatge a la zona afectada amb un cilindre de gel. Es realitzaran moviments lents i enèrgics amb passades circulars o longitudinals. El terapeuta ha d’aïllar-

se del fred amb la utilització de guants o contenint el gel en un recipient de plàstic. Aquesta tècnica és recomanada per a zones petites i poc profundes, sense relleus ossis, també és utilitzada després de realitzar activitats o competicions intenses. El temps d'aplicació oscil·larà entre 5-10 minuts. Si apareix a la pell un color blanc-blavós, o si no apareix insensibilitat després de 3 minuts d'aplicació, s'ha d'interrompre el tractament. El seu major efecte és l'analgèsic.

- Criocinética: És la realització d'exercicis durant o després de l'aplicació de crioteràpia. Normalment usant la tècnica d'immersió.

3. Objectius de la recerca

En aquest apartat s'exposen l'objectiu general i els personals de la recerca, així com la hipòtesi prèvia del treball.

3.1. Objectiu general

- Avaluar l'eficàcia i l'efecte de la crioteràpia en la recuperació muscular del tren inferior en futbolistes amateurs.

3.2. Objectius personals

- Experimentar i viure en primera persona com es realitza una recerca científica.
- Aprendre i dominar un nou mètode de recuperació muscular útil i econòmic.
- Millorar la meva formació amb les tecnologies de l'esport i saber interpretar les dades extretes.

3.3. Hipòtesi

- La crioteràpia com a mitjà de recuperació muscular accelera el procés de recuperació

4. Metodologia

La metodologia utilitzada en la investigació ha estat la positivista o quantitativa, ja que és un anàlisi numèric de dades. La metodologia quantitativa és la més precisa per aquest tipus d'estudi, ja que a partir dels resultats obtinguts he pogut comparar-los amb els extrets en les proves anteriors i quantificar-los. Segons Pita i Pértegas (2002), la investigació quantitativa és aquella en la qual es recullen i s'analitzen dades quantitatives sobre variables.

Per altra banda, també és una metodologia deductiva, doncs es desenvolupa una idea, hipòtesis, a partir de literatura prèvia la qual pot ser provada a través de recollida dades. Segons Comte (1975) el mètode hipotètic-deductiu es basa en l'observació empírica dels fets, la interpretació teòrica hipotètica i una comprovació final.

4.1. Descripció del disseny

En la recerca he analitzat l'efecte de la crioteràpia en la recuperació muscular del tren inferior de futbolistes amateurs. Per fer-ho, vaig elegir 8 jugadors de futbol amateur per formar part de la recerca. Un cop elegida la mostra, vàrem decidir una data on els jugadors estiguessin totalment descansats i van haver de realitzar el test d'Illinois, un test per valorar l'agilitat, tot seguit, van fer tres salts del test de bosco (Bosco i Riu, 1994), per calcular els centímetres d'alçada que podien saltar en la modalitat squat jump, Abalakov i en countermovement jump. Finalment, van realitzar un esprint de 21 metres on es valorava la velocitat d'acceleració. Les habilitats de salt i esprint i força muscular s'utilitzen amb freqüència com a mitjans fiables de quantificar el dany muscular induït per l'exercici (Warren, Lowe i Armstrong, 1999).

Per valorar-ho, els jugadors van haver de realitzar les proves un total de 3 vegades. La primera, com ja he explicat anteriorment, va servir per extreure els resultats base, on els participants venien d'una jornada de descans i per tant, venien totalment descansats. Les dues següents vegades servien per valorar l'efecte de la crioteràpia, i per fer-ho, la meitat dels jugadors (4 jugadors) van haver d'introduir-se dins un bidó amb aigua freda immediatament després d'un partit, l'altra meitat (els altres 4) no van utilitzar la crioteràpia aquell mateix cap de setmana. El cap de setmana següent, els 4 jugadors que no havien utilitzat la

metodologia de recuperació muscular, van introduir-se dins el bidó immediatament després del partit, i els altres 4 que ja ho havien realitzat el cap de setmana anterior no van haver de fer-ho. D'aquesta manera, el dia de les proves, el primer dia de l'entrenament de l'equip després del partit, la meitat de la mostra realitzava les proves havent realitzat la crioteràpia el dia del partit i l'altra meitat sense haver-ho fet, però després del següent partit, els torns es canviaven, la meitat que havia realitzat les proves amb l'efecte de la crioteràpia, aquesta vegada em serviria per valorar-ho sense l'efecte de la mateixa i viceversa.

Per aplicar el mètode de recuperació, vaig utilitzar un bidó ple d'aigua, utilitzant el mitjà d'aplicació de bany fred, on els jugadors s'hi van introduir fins a la cresta ilíaca durant 5 minuts, doncs segons Ascensão et al. (2011), els jugadors immediatament després del partit, han submergir completament les extremitats inferiors fins a la cresta ilíaca en un bany d'aigua freda durant 10 minuts. Per altra banda, Peiffer et al. (2010), argumenten que el temps òptim per afavorir la recuperació muscular i no danyar la pell és de 5 minuts.

Pel que fa a la temperatura de l'aigua, es trobava entre 12 i 15 ºC i per mantenir-la freda vaig anar afegint gel triturat, ja que segons Wilcock, Cronin i Hing (2006), la temperatura de l'aigua per la immersió de l'esportista ha de ser de ≤ 15 °C. Peiffer et al. (2010), creu que la temperatura òptima perquè aquest mètode faci efecte ha de ser de 14 ºC. Per altra banda, Ascensão et al.(2011) van realitzar la seva recerca amb l'aigua a 10 ºC. Tanmateix, Rupp et al. (2012) van realitzar la investigació amb l'aigua a 12 ºC.

Després de disputar el partit, els participants posaven en pràctica la crioteràpia, descansaven una mica més de 24 hores i realitzaven les proves per valorar l'efecte de la metodologia de recuperació muscular. Aquesta seqüència la vàrem realitzar dos cops, tot i que cada participant només la feia un cop, el cop que em permetria valorar els resultats amb l'efecte de la crioteràpia.

Il·lustració 1: Temporització partit, crioteràpia i proves. Font: Elaboració pròpia.

4.2. Variables

Les variables de l'estudi seran les següents:

- Alçada de salt (centímetres)
- Agilitat (segons)
- Capacitat d'acceleració (segons)

4.3. Mostra

La mostra de la meva investigació va ser de 8 jugadors del primer equip del Futbol Club Artés. És un club de Catalunya, de la província de Barcelona, que es troba a la població d'Artés, a la comarca del Bages. Aquest equip juga al grup 1 de quarta catalana de FCF, per tant, tots són jugadors amateurs.

En la investigació realitzaré un mostreig intencional, ja que seleccionem els individus amb més edat del club i, per tant, que ja estan desenvolupats, ja que em són de més fàcil accés, de més proximitat i que són voluntaris. El mostreig intencional, o mostreig per convivència, segons Castro i Blanco (2007), és el mostreig més fàcil i eficient i és la mostra que s'utilitza si l'investigador necessita que els possibles participants es presentin per si mateixos.

Tots els membres de la mostra són adults d'entre 18 i 30 anys que entrenen dos dies setmanals al camp de futbol municipal d'Artés, més el partit del cap de setmana.

Per acabar, segons Rodríguez (2005:82) "Cuando no es posible medir cada uno de los individuos de una población se toma una muestra representativa de la misma. La muestra descansa en el principio de que las partes representan al todo y por tal, refleja las características que definen la población de la cual fue extraída, lo que nos indica que es representativa; es decir, que para hacer una generalización es necesario tomar una muestra representativa".

No obstant això, puc afirmar que el mostreig no és probabilístic, ja que, segons Castro i Blanco (2007), aquest tipus de mostreig es basa en diferents procediments que no són aleatoris. A més, la mostra és no probabilística incidental, ja que les persones de la mostra són seleccionades per comoditat, proximitat o perquè són de fàcil accés.

4.4. Material

L’anàlisi de l’estudi s’ha fet a partir dels resultats extrets dels centímetres saltats a la plataforma de contactes en la modalitat d’squat jump, Abalakov i countermovement jump respectivament. També dels resultats de temps extrets en la cursa de 21 metres i del temps realitzat en el test d’agilitat d’Illinois.

Per analitzar els resultats he utilitzat els següents instruments:

- Software Chronojump 1.7.1-120-gd10cc88
- Chronopic
- Plataforma de contactes
- Ordinador
- Software Kinovea - 0.8.15.
- Casio EXILIM Pro EX-F1
- Trípode
- iPhone 7 plus
- Cinta mètrica
- Cons
- Gel
- Bidó de plàstic
- Termòmetre d’aigua

4.5. Proves

En la investigació vàrem realitzar 3 tipologies de proves per obtenir els resultats i poder-los analitzar.

En primer lloc, vaig utilitzar tres salts procedents del test de bosco (Bosco i Riu, 1994):

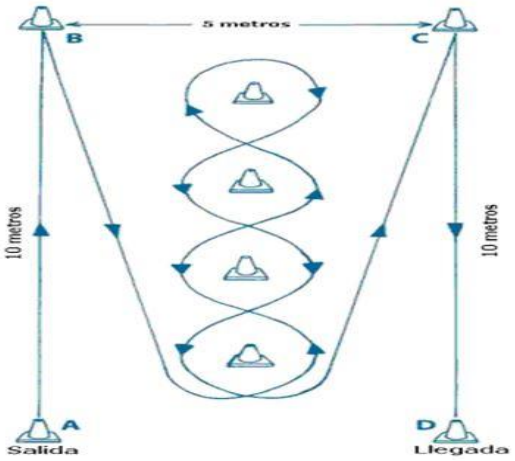
- Squat Jump (SJ): Es tracta d'efectuar un "atura't" partint d'una posició semiflexionada (flexió de genolls a 90º) sense moviment cap avall. El moviment s'ha d'efectuar amb les mans sobre els malucs i el tronc recte. L’Squat jump (SJ) consisteix en la realització d'un salt vertical màxim partint de la posició de flexió de cames de 90°, sense cap tipus de rebot o contramoviment. Les extremitats superiors tampoc intervenen en el salt, ja que les mans han de romandre al maluc des de la posició inicial fins a

la finalització de salt. El subjecte en la fase de vol ha de mantenir el cos dret, les cames esteses i peus en flexió plantar efectuant la caiguda en el mateix lloc d'inici, amb els braços fixats al maluc (Lorenzo i Chamorro, 2004).

- Countermovement jump (CMJ): L'única diferència amb el "squat jump" resideix en el fet que l'atleta comença en posició de peu i executa una flexió de cames (les cames han d'arribar a doblar 90° en l'articulació del genoll). Immediatament seguida de l'extensió, és a dir, l'Atleta realitza un contramoviment. Llavors el que es provoca és un estirament muscular que es tradueix per una fase excèntrica. Al Countermovement Jump (CMJ), el subjecte s'inicia en la posició de peu, amb les mans subjectes als malucs, on romanen des de la posició inicial fins al final el salt. Es tracta de realitzar un moviment ràpid de flexió-extensió de genolls, formant durant la baixada un angle de 90 ° amb els genolls, i immediatament realitzar un salt vertical màxim (Lorenzo i Chamorro, 2004).
- Abalakov (ABK): És pràcticament igual al CMJ però amb l'ajuda de braços. És a dir, l'atleta pot agafar impuls amb els braços durant la fase excèntrica del moviment, realitzant una oscil·lació vigorosa, coordinada i sincronitzada amb la semiflexió-extensió de les cames (Lorenzo i Chamorro, 2004).

En segon lloc, els participants van realitzar un test d'acceleració en el qual havien de recórrer una distància de 21 metres en línia recta a màxima velocitat.

Finalment, els atletes van realitzar el test d'agilitat d'Illinois, que segons Gonzalez (2008), és considerada la prova estàndard d'agilitat. Aquesta es realitza de la següent manera:



Il·lustració 2: Test d'Illinois. Font: Pineda et al. (2014).

Com s’aprecia a la il·lustració 2, el participant inicia una cursa recta de 10 metres des del con A fins al con B. Després de fer mitja volta al con B, l’atleta ha de retrocedir fins al con més llunyà dels quatre que es troben al centre rectangle i fer ziga-zaga fins a l’últim con, fer una volta sencera a aquest i tornar a realitzar una ziga-zaga de tornada al primer con central. Un cop ha acabat passat pels cons centrals, el jugador ha de córrer fins al con C, i fent donant-li mitja volta, acabar de córrer els 10 últims metres a alta velocitat fins al con D. Tot el test es realitza corrents endavant i a màxima velocitat.

5. Resultats

En aquest apartat s'exposen els resultats extrets de les 3 vegades que es van realitzar les 5 proves realitzades durant la investigació. Els valors extrets de les diferents proves es troben en taules diferenciades per cada prova i dins aquestes, es divideixen en tres branques: els resultats base, els resultats sense crioteràpia i els resultats amb crioteràpia. A més, de cada prova s'exposa la mitjana, la desviació estàndard i el percentatge de canvi. Finalment, s'ofereixen els gràfics que resumeixen les taules.

5.1. Taules

Squat Jump (SJ)			
Participant	**Base**	**Sense crioteràpia**	**Amb crioteràpia**
1	28,93	23,3	23,2
2	22,09	20,6	21,7
3	27,26	26,21	25,7
4	24,71	22,8	22,6
5	32,87	31,6	32,1
6	21,3	17,83	19,7
7	22,77	22,2	21,2
8	21,4	18,72	19,99
Mitjana	25,17	22,91	23,27
Desviació estàndard	4,182	4,404	4,046
Percentatge de canvi	-	8,98%	7,52%

Taula 1: Resultats SJ. Font: Elaboració pròpia.

En la *taula 1* es poden observar els resultats de base i els resultats amb i sense l'aplicació de la crioteràpia de la prova de l'squat jump (SJ) dels vuit participants que formen part de la investigació. En aquesta es visualitza que els resultats són bastants similars i que no s'experimenta gaire percentatge de canvi (1,46%) entre les proves realitzades sense l'efecte de la crioteràpia i les proves realitzades 24 hores després d'utilitzar la metodologia de recuperació muscular.

Countermovement Jump (CMJ)			
Participant	**Base**	**Sense crioteràpia**	**Amb crioteràpia**
1	34,5	27,2	27,34
2	26,83	24,8	26,3
3	34,97	31,1	30,9
4	32,34	28,9	29,2
5	38,33	35,9	37,4
6	27,2	22,5	24,9
7	28,03	25,9	25,4
8	30	25,65	29,29
Mitjana	31,53	27,74	28,84
Desviació estàndard	4,191	4,198	4,034
Percentatge de canvi	-	11,99%	8,51%

Taula 2: Resultats CMJ. Font: Elaboració pròpia.

En la *taula 2* s'hi plasmen els resultats extrets de la prova del countermovement jump (CMJ) de tots els participants de la recerca. En aquesta es pot veure una major diferència entre els resultats, observant-se una diferencia de 3,48% en el percentatge de canvi entre els resultats amb i sense crioteràpia.

Abalakov Jump (ABK)			
Participant	**Base**	**Sense crioteràpia**	**Amb crioteràpia**
1	39,36	30,43	31,9
2	31,45	29,5	31,2
3	37,86	34,9	34,9
4	35,48	31,9	33,127
5	46,02	43,3	45,44
6	33,7	30,4	32,5
7	32,96	30,9	31,5
8	36,128	33,44	35,31
Mitjana	36,62	33,10	34,48
Desviació estàndard	4,592	4,489	4,676
Percentatge de canvi	-	9,62%	5,83%

Taula 3: Resultats ABK. Font: Elaboració pròpia.

En la *taula 3*, on apareixen els resultats de la prova d'Abalakov (ABK), s'observa que és la prova on hi ha el valor més alt en el percentatge de canvi (3,79%) en diferència a la resta de les proves.

Test d'acceleració --> 21 m (s)			
Participant	**Base**	**Sense crioteràpia**	**Amb crioteràpia**
1	2,93	3	2,96
2	3	3,06	3
3	2,9	2,96	2,96
4	3,03	3	3,1
5	2,9	2,9	2,9
6	3,13	3,2	3,16
7	3	3	3,03
8	2,93	2,93	2,93
Mitjana	2,98	3,006	3,005
Desviació estàndard	0,079	0,092	0,088
Percentatge de canvi	-	0,96%	0,92%

Taula 4: Resultats 21m. Font: Elaboració pròpia.

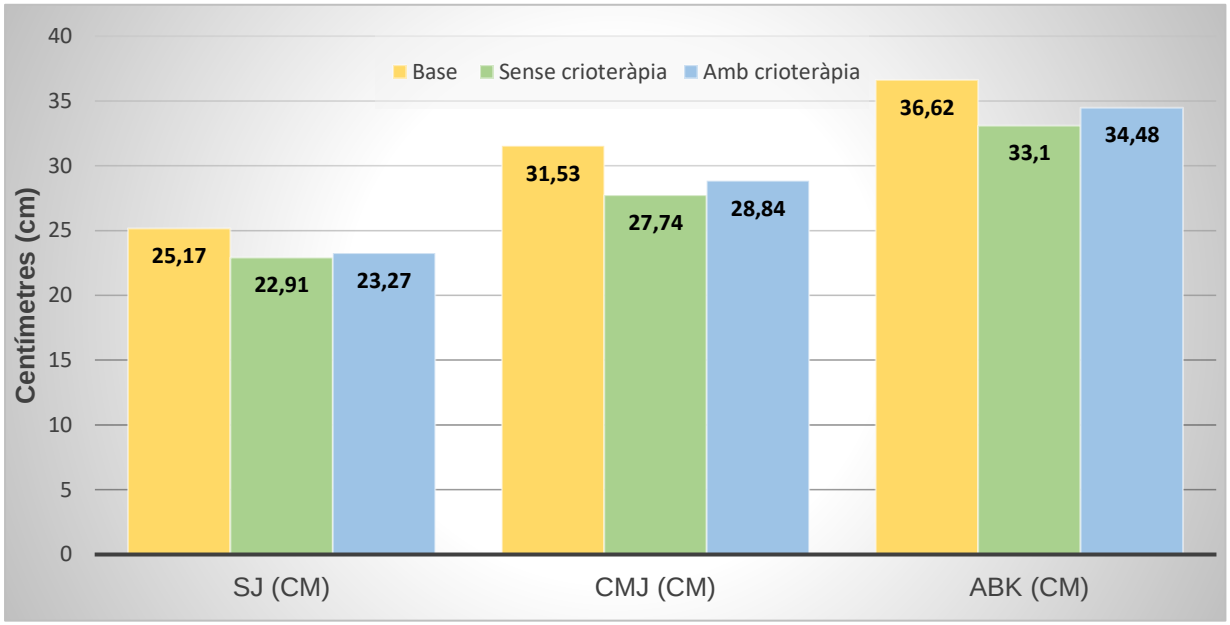
En la *taula 4*, on s'observen els valors de la prova d'acceleració de vint-i-un metres, no s'observen canvis significatius i només hi una variació del 0,04% en el percentatge de canvi.

Test d'agilitat --> Test d'Illinois (s)			
Participant	**Base**	**Sense crioterapia**	**Amb crioterapia**
1	13,57	13,64	13,64
2	12,96	13,14	13
3	13,14	13,24	13,2
4	13,26	13,32	13,3
5	12,73	12,77	12,8
6	13,54	13,6	13,6
7	13,57	13,7	13,7
8	12,67	12,83	12,73
Mitjana	13,18	13,28	13,25
Desviació estàndard	0,369	0,357	0,381
Percentatge de canvi	-	0,75%	0,50%

Taula 5: Resultats Illinois. Font: Elaboració pròpia.

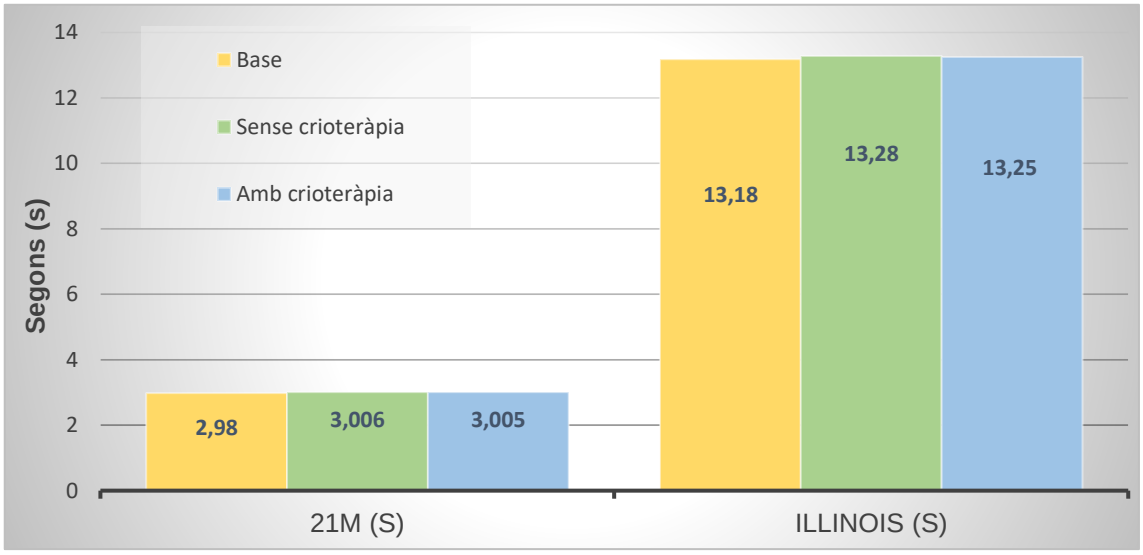
En la *taula 5*, els resultats també són molt similars i no s'aprecien grans canvis. Aquesta obvietat l'afirma la diferència del percentatge de canvi, ja que només és del 0,25%.

5.2. Gràfics



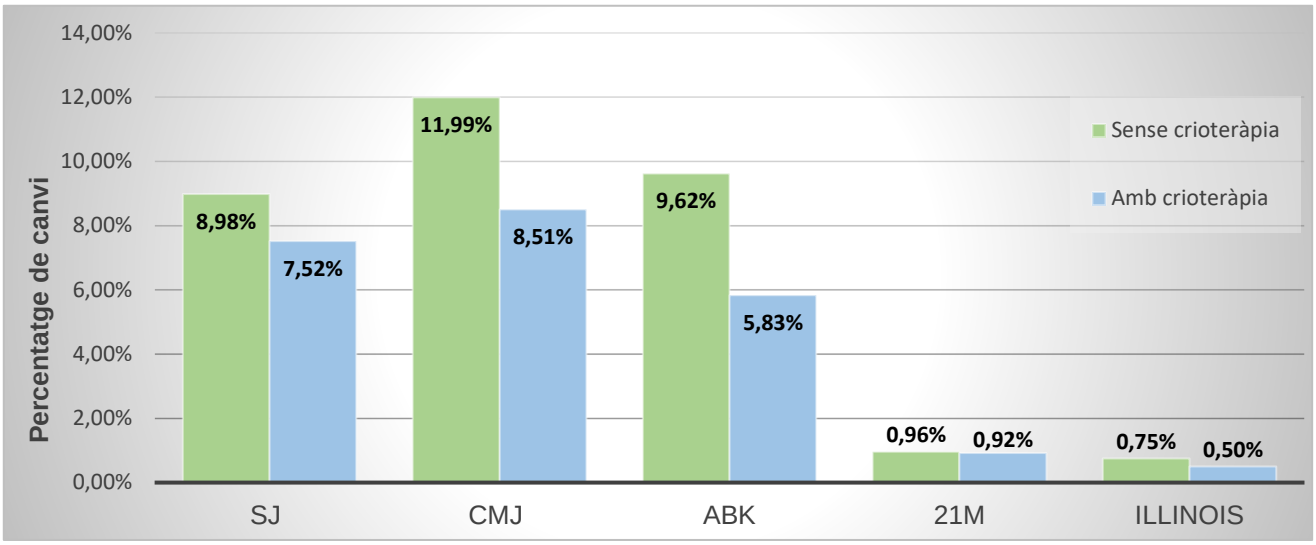
Il·lustració 3: Gràfic de la mitjana de les proves de salt. Font: Elaboració pròpia.

En la *il·lustració 3* es proporciona el gràfic on es poden comparar els resultats de les tres proves de salt analitzades en la recerca. Com es pot observar, els valors més baixos són en la prova de l'squat jump, i per contra, els valors més grans es generen en l'Abalakov. Per altra banda, en cap de les tres proves hi ha grans diferències entre els tres resultats.



Il·lustració 4: Gràfic de la mitjana de les proves de velocitat i agilitat. Font: Elaboració pròpia.

Com es pot observar en la *il·lustració 4*, on apareixen els resultats del test d'acceleració i el test d'agilitat, els resultats són gairebé idèntics i no hi ha gaire variació entre les proves del mateix test.



Il·lustració 5: Gràfic del percentatge de canvi de les proves. Font: Elaboració pròpia.

Finalment, la il·lustració 5 és el gràfic on apareixen tots els percentatges de canvi de les diferents proves i on es compra, dins la mateixa prova, la variació del tant per cent de canvi entre l'aplicació de crioteràpia o sense aquesta. En general no s'observen grans canvis, tot i que en les proves de salt, sobretot en el CMJ i l'ABK hi ha diferències. Quant a la resta de proves, els resultats són gairebé insignificants.

6. Discussió

Primerament, els resultats obtinguts són diferents a d'altres investigacions estudiades prèviament on l'efecte de la crioteràpia per la recuperació muscular no és gens efectiva i no genera cap millora en la recuperació muscular, per exemple Crystal et al. (2013) van observar que la crioteràpia és efectiva per atenuar el descens de la força i el dolor observat després de l'exercici perjudicial del múscul. Per altra banda, Ingram et al. (2009), van afirmar que la crioteràpia com a mitjà de recuperació reduïa el dolor muscular, però no alterava els valors de velocitat, força o agilitat. En la meva investigació, tot i que no hi ha grans variacions en la recuperació, sembla que hi ha millores en els valors dels salts de CMJ i ABK, i lleugerament en el SJ, quan hi ha aplicació de crioteràpia.

Això pot ser degut al fet que al ser esportistes amateurs, i per tant, esportistes no entrenats, ja que entrenen dos cops per setmana, la càrrega de treball durant els partits no és tan elevada com en els partits professionals, i per tant, les estructures corporals no es desgasten tant durant la competició i per tant, es recuperen més ràpidament, tot i que en 24 hores no arriben a la recuperació completa.

Una altra raó que també pot haver alterat els resultats és que al ser esportistes amateurs, molts d'ells treballen pel mati, i per tant, no sempre han estat en les òptimes condicions per realitzar les proves, tot i que no hi hagués càrrega física entre setmana, donat que només competien al cap de setmana.

Observant els resultats de les gràfiques, és obvi que utilitzant o no crioteràpia, mai s'arriba a obtenir els resultats de base, jo crec que això és degut al fet que la recuperació absoluta dels músculs i articulacions d'un futbolista després d'un partit, necessita més de 24 hores. Segons Nedelec et al. (2014), el temps de recuperació complet per totes les estructures corporals després d'un partit de futbol és superior a 72 hores, tot i que depèn dels quilòmetres, de la quantitat d'esprints i dels canvis de direcció realitzats durant el partit. El mateix autor Nedelec et al. (2012) afirma que diversos estudis han informat que es requereixen més de 72 hores per arribar a valors de rendiment físic previs al partit, així com normalitzar el dany muscular i la inflamació entre els jugadors d'elit, jugadors de primera i segona divisió.

No obstant això, en les proves que hi ha un major percentatge de canvi en els valors de les proves 24 hores després d'haver realitzat el tractament de crioteràpia o no havent-lo fet, és en les de salt: squat jump (1,46%), countermovement jump (3,48%) i Abalakov (3,79%), ja que en les proves d'agilitat o test d'Illinois (0,25%) i en la capacitat d'acceleració (0,04%) el canvi és gairebé insignificant. Jo crec que això és degut principalment a què en les proves d'agilitat i sobretot en l'esprint de 21 metres, el temps de realització és tan limitat, que no hi pot haver grans canvis, tot i que en les dues proves hi ha millora. Per altra banda, en la prova dels salts, hi ha més possibilitats de realitzar una millor marca, i per tant, els resultats són més diversos i el percentatge de canvi augmenta considerablement.

Tanmateix, aquesta variació en els resultats de les proves de salt i les proves en què s'utilitza la velocitat, pot anar relacionada amb la recuperació dels músculs responsables de realitzar l'acció, és a dir, segons Fàbrica et al. (2013) els principals músculs implicats en els salts són el bíceps femoral, el recte femoral, el vast lateral, el tibial anterior, els bessons i el soli, però segons Sanz (2006), els músculs més actius a l'hora de córrer són els abdominals, les lumbars, les dorsals, el romboide, el psoas ilíac, el gluti major i mitjà, el bíceps femoral, el tibial anterior, els bessons, el quàdriceps i el tríceps sural. Com que la tècnica de cursa utilitza molts més músculs, crec que no tots aquests estan en un estat òptim, sinó que encara estan en fase de recuperació i per tant, això també altera els resultats.

A més, en els salts, hi ha una gran acció de la fase concèntrica, ja que és la principal, tot i que en el CMJ i l'ABK també s'utilitza fase excèntrica, però en aquest cas, crec que la fase excèntrica no és tant notable en els salts com en la cursa, ja que en la tècnica de cursa, sempre es donen les dues fases per igual i amb la mateixa importància. En el test d'agilitat, hi ha frenades i canvis de direcció, fet que encara dóna més protagonisme a la fase excèntrica.

Referent a aquestes deduccions, crec que el fet d'implicar les dues fases també pot influir, tot i que no en gran mesura en els resultats obtinguts, tot i això, segons Newhan et al. (1983), les contraccions excèntriques provoquen canvis més profunds en la funció muscular que les contraccions concèntriques. Aquests canvis no es poden explicar en termes metabòlics simples, i es suggereix que

són el resultat del trauma mecànic causat per l'alta tensió generada en poques fibres actives durant contraccions excèntriques. A més, només es produeix dolor i tendresa en els músculs que realitzen contractacions excèntriques. Aquest dolor apareix per primera vegada aproximadament 8 hores després de l'exercici i desapareix aproximadament 48 hores després del mateix, moment en què la generació de força i l'activació elèctrica tornen a la normalitat.

Com ja he comentat amb antelació, les gràfiques ens indiquen que 24 hores després d'utilitzar la crioteràpia com a mitjà de recuperació muscular, els nivells de força de salt milloren en relació a la no utilització del mètode, però que, en canvi, els valors d'agilitat i velocitat no es veuen gaire alterats. Aquest fet coincideix amb l'estudi de Ascensão et al. (2011), ja que argumenten que l'efecte de l'aigua freda agilitza la recuperació dels valors força, però no els de velocitat.

Com es pot observar en la *il·lustració 3*, els valors més baixos pel que fa a les proves de salt són en la prova de l'squat jump, i per contra, els valors més grans es generen en l'Abalakov. Aquesta variació en els resultats podria ser a causa que l'squat jump és un salt en el qual es realitza un únic moviment concèntric de força explosiva per generar el moviment i enlairar-se (Márquez et al., 2005). Per contra en l'Abalakov hi ha contramoviment per agafar força en l'impuls i es poden utilitzar els braços per impulsar-se a l'hora de saltar, fet que genera un guany en l'alçada del salt (Lees i Barton,1996).

Per altra banda, en els salts que hi ha més variació és en els que hi ha contramoviment (3,5% aproximadament) en relació al squat jump (1,46%), on només hi ha el moviment d'impulsió. Segons Márquez et al. (2005) en l'squat jump, s'utilitza força explosiva, que és la capacitat que té el múscul de contreure's a la màxima velocitat (Muñoz, 2009), i en canvi segons García (2007) en el countermovement jump i en l'Abalakov s'utilitza força elàstica-explosiva en realitzar el contramoviment. Segons García (2007) la força elàstica-explosiva és aquella força potencial que la musculatura emmagatzema cada vegada que es veu sotmesa a un estirament, energia que es transforma en cinètica quan s'estableix la fase de contracció concèntrica; és a dir, els elements elàstics del múscul actuen com si fossin una molla.

Aquest fet em fa pensar que la força elàstica-explosiva es regenera abans que la força explosiva, ja que en les proves d'agilitat i d'acceleració també hi ha un gran protagonisme d'aquest tipus de força i no s'observen grans diferències.

Pel que fa als resultats dels salts en la modalitat Abalakov, crec que els resultats es veuen alterats per la falta de coordinació de braços a l'hora d'impulsar-se per saltar dels participants, ja que mai havien realitzat aquest tipus de test i crec que si sabessin coordinar bé les dues fases els resultats serien molt més elevat. Referent a aquesta deducció, Lees i Barton (1996), van trobar una contribució dels braços del 12.7% a la quantitat de moviment total del cos en l'instant de l'enlairament a l'hora de realitzar un salt.

Referent a la hipòtesi que em vaig proposar al principi del treball, la crioteràpia accelera la recuperació només en les activitats que impliquen la força elàstico-explosiva i aquesta millora no és gaire significativa. Quant a la velocitat, l'acceleració i el SJ, on només s'utilitza força explosiva, com ja he explicat anteriorment, els resultats són insignificants.

Finalment, crec que com aplicació pràctica, l'aplicació de crioteràpia com a mitjà de recuperació muscular del tren inferior dels futbolistes amateurs, no és un mètode rentable, ja que la logística de portar un bidó, omplir-lo abans de cada partit i tenir els glaçons a punt, juntament amb el termòmetre d'aigua és molt complexa per la poca millora física que suposa pels futbolistes.

6.1. Limitacions

Una altre limitació ha estat que al valorar l'efecte de la crioteràpia en dos partits diferents, les condicions en les quals els jugadors acabaven els partits també era diferent. És a dir, el partit que no havien de realitzar el mètode de recuperació muscular, pot ser van tenir una càrrega de treball més alta que en l'altre partit, fet que no fa exacte la investigació

En la mateixa línia, alguns jugadors no van jugar els mateixos minuts en els dos partits, tot i que tots ells van superar mínim els 70 minuts de joc (essent 90 el màxim), aquest fet també va resultar una limitant per la valoració dels diferents ítems, tot i que crec que no alteren gaire els resultats.

Per altra banda, un fet que m'ha limitat a mi a l'hora de dur a terme la recerca és que no hi ha gaires articles que hagin estudiat el mateix que he fet jo, sinó que gairebé tots utilitzaven la crioteràpia com a mitjà de recuperació en les lesions.

Finalment, una altre limitació ha estat el fet de només poder valorar les 24 hores després del partit. M'hagués agradat poder valorar els valors en les 48 i 72 hores després de la competició, ja que segurament els resultats haguessin canviat.

7. Conclusions

Primerament, crec que la crioteràpia no té grans efectes sobre la recuperació muscular, tot i que en la meva investigació ha millorat alguns valors 24 hores després de la càrrega de treball. Tot i això, crec que tot i que la crioteràpia augmenta lleugerament la recuperació en les proves de salt, i en menor mesura, les proves d'agilitat i d'acceleració, no és un mètode eficaç per la recuperació muscular del tren inferior en esportistes amateurs, ja que normalment els equips no juguen partits de competició entre setmana, i per tant, tenen gairebé una setmana per recuperar. A més, com ja he dit abans, la logística de dur a terme la metodologia és molt complexa per un club amateur.

Per finalitzar, com ja he comentat en la discussió, la meva hipòtesi no s'ha complert del tot, ja que l'aplicació de la crioteràpia com a mitjà de recuperació muscular, només ha millorat o accelerat la recuperació en dues de les cinc proves que he analitzat, i aquest increment dels valors ha estat gairebé insignificant. Per tant, la meva hipòtesi no és certa.

8. Referències bibliogràfiques

- Apolo, M. D., Caballero, T., i López, E. (2005). Utilización de la crioterapia en el ámbito deportivo. *Revista de Ciencias del Deporte*., 1(1), 17-23.
- Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A., Magalhäes, S. i Magalhäes, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of sports sciences*, 29(3), 217-225.
- Bangsbo, J., Mohr, M., i Krustrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674.
- Bangsbo, J., Norregaard, L., i Thorso, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Joumal of Sports Sciences*. 16 (2), 110-116.
- Bloomfield, J., Polman, R., i Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 63–70.
- Bosco, C., i Riu, J. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo.
- Castro, A., i Blanco, C. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *Nure investigación*, 27.
- Comte, A. (1975). Auguste Comte and positivism: *The essential writings*. Transaction Publishers.
- Crystal, N., Townson, D., Cook, S., i LaRoche, D. (2013). Effect of cryotherapy on muscle recovery and inflammation following a bout of damaging exercise. *European journal of applied physiology*, 113(10), 2577-2586.
- Domínguez, J., Sandoval, C., i Domínguez, L. (2016). Prevalencia de dolor postquirúrgico. *Medigraphic*. 14 (2), 84-89. Recuperat de: http://www.medigraphic.com/pdfs/actmed/am-2016/am162e.pdf
- Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., et al. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *The American Journal of Sports Medicine*. 38 (9), 1752-1758.
- Fábrica, G., González, P., i Fagundes , J. (2013). Cambios en el control neuromuscular de seis músculos de miembro inferior durante CMJ

máximos realizados con fatiga. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 35(2).

- Garcia, A., i Sasia, A. (2015). Revisión sistemática sobre los efectos de la crioterapia. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*, 1 (1), 66-72.
- García, R. (2007). Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración. *Revista de la Facultad de Educación, Universidad de Murcia, 2-10.*
- González, Y. (2008). Validez, fiabilidad y especificidad de las pruebas de agilidad. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica,* 11(2), 31-39.
- Grosgeorge, B. (1990). *Observation et Entrainement en sports eolleetifs*. Paris: Ed. INSEP-Public.
- Ingram, J., Dawson, B., Goodman, C., Wallman, K., i Beilby, J. (2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 417-421.
- Jacobs, I., Westlin, N., Karlsson, J., et al. (1982). Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 48 (3), 297-302.
- Kraeutler, M., Reynolds, K., Long, C., i McCarty, E. (2015). Compressive cryotherapy versus ice—a prospective, randomized study on postoperative pain in patients undergoing arthroscopic rotator cuff repair or subacromial decompression. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 24(6), 854-859.
- Krustrup, P., Ortenblad, N., Nielsen, J., et al. (2011). Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *European Journal of Applied Physiology*, 111 (12), 2987-2995.
- Lees, A. y Barton, G. (1996). The interpretation of relative momentum data to assess the contribution of the free limbs to the generation of vertical velocity in sports activities. *Journal of Sports Sciences*, 14, 503-511.
- Lorenzo, M., i Chamorro, R. (2004). Test de Bosco: Evaluación de la potencia anaeróbica de 765 deportistas de alto nivel. Lecturas: *Educación física y deportes*, (78), 15.

- Márquez, F., Orihuelo, A., Jiménez, J., i Fernández, J. (2005). Efectos de la fatiga muscular sobre la fuerza explosiva en el squat jump y la velocidad. *EFDeportes*, 88.
- Meeusen, R. i Lievens, P. (1986). The use of cryotherapy in sports injuries. Sports medicine, 3(6), 398-414.
- Muñoz, D. (2009). Capacidades físicas básicas. Evolución, factores y desarrollo. Sesiones prácticas. *EFDeportes*. 131.
- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., i Dupont, G. (2013). Recovery in soccer. *Sports Medicine*, 43 (1), 9-22.
- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., i Dupont, G. (2014). The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1517-1523.
- Newham, D., Mills, K., Quigley, B., i Edwards, R. (1983). Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clinical science*, 64(1), 55-62.
- Ni, S. H., Jiang, W. T., Guo, L., Jin, Y. H., Jiang, T. L., Zhao, Y., i Zhao, J. (2015). Cryotherapy on postoperative rehabilitation of joint arthroplasty. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(11), 3354-3361.
- Peiffer J., Abbiss C., Watson G., Nosaka K. i Laursen P. (2010). Effect of cold water immersion on repeated 1-km cycling performance in the heat. *Journal of Science and Medicine in Sport.*13(1), 112-116.
- Perdrix, R., Sanuy, X., Estela, F. B., i Peirau, X. (1995). Fisiología del fútbol: revisión bibliográfica. *Apunts: Educación física y deportes*, (42), 55-62.
- Pineda, J., Galicia, A., Lopez, M. (2014). Pretemporada de la selección de fútbol varonil de la Benemérita Escuela Normal Veracruzana 2014. *EFDeportes*, 190.
- Pirnay, F., Geurde, P., i Marechal, R. (1991). Contraintes physiologiques d'un match de football. *ADEPS Sport*, 7, 71-79.
- Pita, S., i Pértegas, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *Cadernos de atención primaria*, 9, 76-8.

- Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., et al. (2011). Match-related fatigue in soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43 (11), 2161-2170.
- Reilly, T. (1990). *Physiology of sports*. Londres: Chapman & Hall.
- Rodriguez, E. (2005). *Metodología de la Investigación*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Rupp, K., Selkow, N., Parente, W., Ingersoll, C., Weltman, A. i Saliba, S. (2012). The effect of cold water immersion on 48-hour performance testing in collegiate soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2043-2050
- Russell, M., Birch, J., Love, T., Cook, C., Bracken, R., Taylor, T., Swift, E., Cockburn, E., Finn, C., Cunningham, D., Wilson, L. i Kilduff, L. (2017). The effects of a single whole-body cryotherapy exposure on physiological, performance, and perceptual responses of professional academy soccer players after repeated sprint exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 415-421.
- Sanz, C. (2006). Cinesiología de la marcha humana normal. *Links*, 1-14.
- Warren, G., Lowe, D., i Armstrong, R. (1999). Measurement tools used in the study of eccentric contractioninduced injury. *Sports Medicine*, 27, 43–59.
- Wilcock, I., Cronin, J. i Hing, W. (2006). Physiological response to water immersion. A method for sport recovery? *Sports Medicine*, 36, 747-765.
- Wisloff, U., Helgerud, J., i Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(3), 462–467.