

# Escola Superior de Ciències de la Salut



## RELACIÓ DEL RENDIMENT DE L'ESPRINT AMB LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

Alumne: Ona Rossell Font

Director: Dr. Adrián García Fresneda

Treball de final de grau en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

5è curs

Universitat Tecnocampus, 17/05/2021, Mataró

## **AGRAÏMENTS**

*Vull agrair al grup d'entrenament d'en Sebastián Conesa Ros per deixar-me investigar les meves inquietuds, a l'equip de Chronojump per fer-ho possible, a l'Adrián García Fresneda per estar predisposat a ajudar-me en tot moment i, en especial, a la meva família per dedicar tot el seu temps en educar-me, recolzar-me i acompanyar-me en totes les etapes de la vida.*

## ÍNDIX DE CONTINGUTS

1. ABREVIATURES	1
2. RESUM I PARAULES CLAU	2-3
2.1. RESUM I PARAULES CLAU	2
2.2. ABSTRACT AND KEYWORDS	3
3. INTRODUCCIÓ	4-7
4. JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI	7
5. HIPÒTESIS I OBJECTIUS	8
5.1. HIPÒTESIS	8
5.2. OBJECTIU PRINCIPAL	8
5.3. OBJECTIUS SECUNDARIS	8
6. METODOLOGIA	8-19
6.1. POBLACIÓ I MOSTRA	8
6.2. VARIABLES D'ESTUDI	9-14
6.2.1. Esprint 30 metres	9-11
6.2.2. Test de salts verticals	11-13
6.2.3. Força isomètrica màxima (FIM) d'isquiosurals	14-15
6.3. PROCEDIMENT	15-16
6.3.1. Proves de valoració	15
6.3.2. Infraestructures	16
6.3.3. Material	16
6.4. DESCRIPCIÓ DE LA PROPOSTA D'INTERVENCIÓ	16-18
6.5. ANÀLISI ESTADÍSTIC	18
6.6. CONSIDERACIONS ÈTIQUES	19
7. RESULTATS	20-26
8. DISCUSSIÓ	26-29
8.1. FIM ISQUIOSURAL – PARÀMETRES MECÀNICS DE L'ESPRINT	27
8.2. FIM ISQUIOSURAL-PARÀMETRES MECÀNICS SALTS VERTICALS	27-28
8.3. PARÀMETRES MECÀNICS DE L'ESPRINT – RENDIMENT DE L'ESPRINT	28-29

8.4. SUGGERIMENTS	29
9. LIMITACIONS	30
10. CONCLUSIONS	30-31
11. IMPLICACIÓ A LA PRÀCTICA PROFESSIONAL	31
12. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	32-37
13. ANNEXOS	38-47

## **ÍNDEX DE TAULES I FIGURES**

<b>Taula 1.</b> <i>Mostra dels subjectes</i> _____	9
<b>Taula 2.</b> <i>Valors de força isomètrica màxima de la musculatura isquiosural</i> _____	20
<b>Taula 3.</b> <i>Valors dels paràmetres mecànic del SJ i CMJ</i> _____	21
<b>Taula 4.</b> <i>Temps parcials de 0 a 30 metres</i> _____	22
<b>Taula 5.</b> <i>Valors dels paràmetres mecànics de l'esprint de 30 metres</i> _____	23
<b>Taula 6.</b> <i>Correlacions entre la FIM d'isquiosurals amb els paràmetres mecànics del salt vertical</i> _____	24
<b>Taula 7.</b> <i>Correlacions entre la FIM d'isquiosurals amb els paràmetres mecànics de l'esprint</i> _____	25
<b>Taula 8.</b> <i>Correlacions entre el rendiment de l'esprint de 30m amb els paràmetres mecànics</i> _____	26
<b>Figura 1.</b> <i>Representació gràfica de l'orientació de la força vertical, horitzontal i total, l'angle força de reacció sobre el terra i l'orientació (<math>\alpha</math>) segons Morin et al. (2011)</i> _____	4
<b>Figura 2.</b> <i>Anàlisi d'un esprint de 30m amb el dispositiu Race Analyzer</i> _____	10
<b>Figura 3.</b> <i>Race Analyzer en funcionament</i> _____	11
<b>Figura 4.</b> <i>Race Analyzer lligat al cinturó en posició de sortida</i> _____	11
<b>Figura 5.</b> <i>Execució del SJ en el pla sagital sobre la plataforma de contacte</i> _____	13
<b>Figura 6.</b> <i>Execució del CMJ en el pla sagital sobre la plataforma de contacte</i> _____	13
<b>Figura 7.</b> <i>Execució del test FIM d'isquiosurals amb la galga extensomètrica</i> _____	14
<b>Figura 8.</b> <i>Esquema sintetitzat del procediment de l'estudi</i> _____	15

## 1. ABREVIATURES

- V0: Velocitat màxima teòrica
- F0: Força màxima horitzontal teòrica
- F rel: Força màxima relativa
- Perfil F-V: Perfil força-velocitat
- Pmàx: Potència màxima teòrica
- Pmàx rel: Potència màxima relativa
- F-V-P: Força-Velocitat-Potència
- SJ: *Squat Jump*
- CMJ: *Countermovement Jump*
- DJ: *Drop Jump*
- RJ: *Repeat Jump*
- CDD: Cama dominant dreta
- CDE: Cama dominant esquerra
- FIM: Força isomètrica màxima
- DFIM: Força isomètrica màxima dreta
- EFIM: Força isomètrica màxima esquerra
- CDFIM: Força isomètrica màxima cama dominant
- RFD0: Producció de força màxima per unitat de temps
- DRFD0: Producció força màxima per unitat de temps dreta
- ERFD0: Producció força màxima per unitat de temps esquerra
- CDRFD0: Producció força màxima per unitat de temps cama dominant
- DE: Desviació estàndard
- INEFC: Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya
- VI: Velocitat inicial
- VTC-Pmàx: Potència màxima vertical
- r: Correlació lineal de *Pearson*

## 2. RESUM I PARAULES CLAU

### 2.1. RESUM I PARAULES CLAU

**Títol:** Relació del rendiment en l'esprint amb la cadena extensora isquiosural. **Autora:** Ona Rossell Font.

**Afiliació:** Tecnocampus, Escola Superior de Ciències de la Salut, Universitat Pompeu Fabra, Mataró.

**Introducció i objectiu:** L'entrenament velocistes cada cop és més específic per millorar el rendiment i, la musculatura isquiosural està molt implicada en la distància en la qual es realitzen els esprints. Per aquesta raó, l'objectiu principal d'aquest estudi és relacionar les propietats mecàniques de l'esprint amb la força isomètrica màxima (FIM) de la musculatura isquiosural. També, relacionar les propietats mecàniques de l'esprint amb el rendiment i, la FIM amb la capacitat de salt vertical per incidir en la millora del rendiment. **Metodologia:** Tretze velocistes ben entrenats han realitzat l'estudi de resultats en el següent ordre: (1) *Warm-up* 40', (2) test FIM ( $2^* \geq 3''$ /isquiosural R2') amb una galga extensomètrica, (3) test salt vertical ( $3^* \text{SJ } R45''$ ,  $3^* \text{CMJ } R45''$ ) amb una plataforma de contacte i, (4) test esprint 30m (pre-test  $3^* 30\text{m } 50\text{-}70\text{-}90\%$  V0 percebuda i  $2^* 30\text{m } R3\text{-}5'$ ) amb *Race Analyzer*. Les variables han estat la FIM (N), RFD0(N/s) en la cama dreta, esquerra i dominant en el test FIM isquiosural, l'alçada del salt (cm), Pmàx (W), VI (m/s) en el test SJ i CMJ i, la F0 (N), F0 rel (N/kg), V0 (m/s), Pmàx (W), Pmàx rel (W/kg) i rendiment (s) en el test 30m. S'ha utilitzat el nivell de significació de  $P < 0,05$  i  $P < 0,01$ . **Resultats:** Les correlacions amb un nivell de significança  $P < 0,01$  han estat amb una  $r$  perfecte (0,90-0,99) el rendiment dels atletes (25 i 30m) amb la Pmàx de l'esprint. Una correlació  $r$  òptima (0,80-0,89) entre els 10-20m amb tots els paràmetres de l'esprint, entre la F0 i Pmàx amb la DFIM i CDFIM i, la V0 amb la CDFIM. També, entre la DFIM amb CMJ (alçada de salt, Pmàx i VI) i SJ (Pmàx) i, la CDFIM amb la Pmàx d'ambdós salts. Han mostrat una correlació  $r$  gran (0,50-0,69) amb  $P < 0,05$  els paràmetres de la DFIM amb V0, EFIM amb F0 i Pmàx i, CDRFD0 amb V0 i Pmàx. També ho han mostrat la DFIM amb SJ (alçada salt, VI) i CMJ (alçada salt, Pmàx i VI), EFIM amb la Pmàx del SJ i, CDFIM amb SJ i CMJ (alçada de salt i VI). A més, també mostren  $P < 0,05$  el rendiment dels primers 5m amb tots els paràmetres mecànics de l'esprint. **Conclusions:** Es presenta relació entre la força isomètrica isquiosural dels atletes de velocitat amb els paràmetres mecànics de l'esprint i del salt vertical. A més, també s'ha relacionat el rendiment de l'esprint amb els paràmetres mecànics. Aquest estudi mostra els punts on es pot incidir per millorar la qualitat de l'entrenament de l'atleta per l'obtenció d'uns majors resultats. No obstant, es necessiten futures línies d'investigació.

**Paraules clau:** *Velocistes, paràmetres mecànics, FIM, salt i Chronojump.*

## 2.2. ABSTRACT AND KEYWORDS

**Title:** Relationship of sprint performance to the hamstring extension chain. **Author:** Ona Rossell Font. **Affiliation:** Tecnocampus, School of Health Sciences, Pompeu Fabra University, Mataró. **Introduction and aim:** The training of speed athletes is becoming more specific to improve performance and the hamstring muscles are actively involved in the distance in which the sprints are performed. For this reason, the main objective of this study is to relate the mechanical properties of sprint to the maximum isometric force (FIM) of the hamstring muscles. Also, to relate the mechanical properties of the sprint to the performance and, the FIM with the capacity of vertical jump to affect the improvement of the performance. **Method:** Thirteen well-trained sprinters performed the study of results in the following order: (1) Warm-up 40', (2) FIM test ( $2 \times 3'$  / hamstring R2') with an extensometric gauge, (3) vertical jump test ( $3 \times$  SJ R45",  $3 \times$  CMJ R45") with a contact platform and, (4) 30m sprint test (pre-test  $3 \times 30m$  50-70-90%  $V_0$  perceived and  $2 \times 30m$  R3 -5') with Race Analyzer. The variables were FIM (N), RFD0 (N/s) in the right, left and dominant leg in the hamstring FIM test, jump height (cm), Pmax (W), VI (m/s) in the SJ and CMJ test and the F0 (N), F0 rel (N/kg),  $V_0$  (m/s), Pmax (W), Pmax rel (W/kg) and performance (s) in the 30m test. The significance level of  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$  were used. **Results:** The correlations with a significance level  $P < 0.01$  have been with a perfect  $r$  (0.90-0.99) the performance of the athletes (25 and 30m) with the Pmax of the sprint. An optimal correlation (0.80-0.89) between the 10-20m with all the parameters of the sprint, between the F0 and Pmax with the DFIM and CDFIM and, the  $V_0$  with the CDFIM. Also, between the DFIM with CMJ (jump height, Pmax and VI) and SJ (Pmax) and the CDFIM with the Pmax of both jumps. The parameters of the DFIM with  $V_0$ , EFIM with F0 and Pmax and, CDRFD0 with  $V_0$  and Pmax have shown a large correlation  $r$  (0.50-0.69) with  $P < 0.05$ . This has also been shown by the DFIM with SJ (jump height, VI) and CMJ (jump height, Pmax and VI), EFIM with the Pmax of the SJ and, CDFIM with SJ and CMJ (jump height and VI). In addition, they also show  $P < 0.05$  the performance of the first 5m with all the mechanical parameters of the sprint. **Conclusions:** The relationship between the isometric strength force of speed athletes and the mechanical parameters of sprint and vertical jump is demonstrated. In addition, the performance of the sprint has also been related to the mechanical parameters. This study shows the points where it is possible to focus on improving the quality of the athlete's training for greater results. However, future lines of research are needed.

**Keywords:** *Sprinters, mechanical parameters, FIM, jump and Chronojump.*



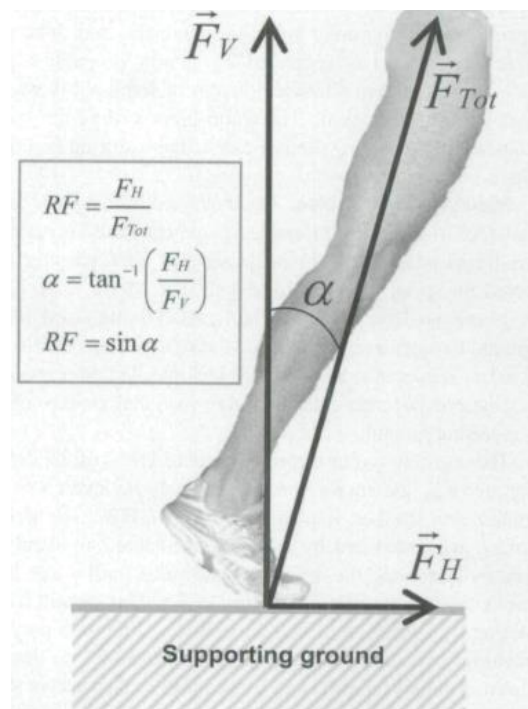
### 3. INTRODUCCIÓ

Les proves de velocitat, cada cop són més estudiades com a factor clau per millorar l'esprint i, per enfocar noves formes d'entrenament en la majoria de moviments esportius. Aquestes proves es basen en tres fases: acceleració, obtenció de la velocitat màxima i desacceleració. Els moviments esportius requereixen aquesta velocitat, juntament amb la força per produir una gran potència mecànica en qualsevol gest esportiu. (Brughelli et al., 2011; Morin et al., 2011; Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).

La velocitat és una capacitat física bàsica que implica accelerar endavant sobre un terreny pla, on l'orientació de la força total horitzontal que s'aplica sobre el terra durant l'acceleració mitjançant la tècnica de carrera, és més predominant pel rendiment que la gran quantitat de força aplicada (Morin et al., 2011) (Figura 1).

**Figura 1**

*Representació gràfica de l'orientació de la força vertical, horitzontal i total, l'angle força de reacció sobre el terra i l'orientació ( $\alpha$ ) segons Morin et al. (2011)*



A més, la velocitat, es veu reflectida en condicions normals, assistides, resistides, en l'entrenament pliomètric, de força màxima, de força explosiva i, en curses d'alta intensitat que es poden dur a terme tant en esports individuals com col·lectius (Rumpf et al., 2016).

Aquesta capacitat és un dels paràmetres primordials en el rendiment de l'atleta que, s'encarrega de produir una alta potència mecànica en els salts verticals, horitzontals i, en l'acceleració de l'esprint (Cormie et al., 2011a, 2011b). La potència que es produeix, és un factor que depèn de la capacitat del sistema neuromuscular i osteoarticular de generar alts nivells de força aplicables amb una gran eficàcia i a una elevada velocitat de contracció (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).

Amb l'acceleració de l'esprint, es poden obtenir els paràmetres mecànics determinants del rendiment del velocista d'acord amb les lleis de la mecànica. Aquests són la força màxima teòrica ( $F_0$ ) horitzontal, la velocitat màxima teòrica ( $V_0$ ), la potència màxima teòrica ( $P_{m\grave{a}x}$ ) horitzontal, el perfil de força-velocitat (F-V), la relació de força i la tècnica d'aplicació de l'índex de força (Haugen et al., 2020; Jean Benoit Morin et al., 2012; Rabita et al., 2015; Slawinski et al., 2017).

El paràmetre de la  $V_0$  horitzontal, representa la producció màxima de velocitat teòrica que pot realitzar un atleta durant l'execució de la seva prova mentre que la  $F_0$  horitzontal és la que l'atleta realitza i, s'obté mitjançant la relació lineal del perfil F-V (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016). D'aquesta relació, s'extreu la  $P_{m\grave{a}x}$ , ja que aquest concepte és el producte de la força per la velocitat (Balsalobre-Fernández et al., 2013). En definitiva, aquests tres conceptes (força, velocitat i potència) presenten una correlació entre ells i, són paràmetres essencials per garantir una maximització de la velocitat en el rendiment de l'esprint (M. R. Cross et al., 2015; Morin et al., 2011; Rabita et al., 2015).

Els paràmetres mecànics es poden obtenir mitjançant el perfil vertical i horitzontal de F-V-P (Força-Velocitat-Potència) dels atletes. El perfil vertical serveix per valorar el rendiment de les accions balístiques d'empenta, a diferència de l'horitzontal que s'utilitza per valorar el rendiment de l'esprint. Conèixer els paràmetres d'aquests dos perfils dels atletes pot ser útil per detectar les debilitats i fortaleses on es pot incidir en major o menor proporció i, per dissenyar un programa d'entrenament òptim, individualitzat i efectiu (Haugen et al., 2019; Morin et al., 2011; Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).

Ambdós perfils són importants en la millora del rendiment de l'atleta de velocitat, ja que la força que s'aplica contra el terra durant l'esprint, es produeix tant en el pla horitzontal com en el vertical. Per aquest motiu, encara que la millor opció per augmentar el rendiment sigui mitjançant el perfil horitzontal, és important buscar transferències amb el perfil vertical de l'atleta (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016; Randell et al., 2010). A més, s'ha observat que per augmentar el rendiment de l'esprint en els velocistes, és necessari orientar el perfil de força-velocitat a la velocitat màxima com a factor predominant per millorar els seus paràmetres mecànics (Nuell et al., 2020) i que, les variables del perfil F-V-P que es poden obtenir de cada atleta són més individuals que específiques a l'esport (Haugen et al., 2019).

Per obtenir els paràmetres de  $F_0$ ,  $V_0$  i  $P_{m\grave{a}x}$  del perfil vertical i horitzontal, es pot realitzar mitjançant mètodes senzills (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016). El perfil vertical es pot avaluar mitjançant la bateria de salts verticals estandarditzats de Bosco: Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ), Drop Jump (DJ) i Repeat Jump (RJ) (Bosco et al., 1983). En un estudi realitzat per saltadors es va observar uns majors resultats en contramoviment que partint de la posició de *squat* des del mateix rang de *pushoff* vertical, ja que en el CMJ hi ha una major activació i força de la musculatura de les extremitats inferiors en comparació del SJ (Linthorne, 2001). També es pot obtenir els paràmetres del perfil vertical mitjançant els protocols de Sargent, Abalakov i Dal Monte que, a diferència dels anteriors, a part d'utilitzar les extremitats inferiors, també utilitzen les superiors per aconseguir una major alçada de salt (Villa & García-López, 2004).

En canvi, el perfil horitzontal del velocista es pot valorar a partir de curses de velocitat i, tests d'aproximadament 40 metres resulten ser efectius per valorar l'acceleració dels velocistes (Jiménez-Reyes et al., 2018a). Aquest perfil serveix per proporcionar informació sobre les propietats mecàniques que influeixen en l'acceleració de l'esprint en la millora del rendiment individual de l'atleta (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).

Per altra banda, els velocistes presenten una gran distribució de fibres ràpides i més, als isquiosurals. Aquesta musculatura és potent i, genera forces oposades durant la prova de velocitat. Aquest fet causa que sigui la musculatura que es lesiona amb més freqüència i, més concretament, el cap llarg del bíceps femoral (Huygaerts et al., 2020; Jonhagen et al., 1994; Lysholm & Wiklander, 1987).

El mecanisme lesional més comú d'aquesta musculatura és causat per una gran contracció excèntrica a alta velocitat en el major estirament muscular i, s'activa per desaccelerar l'extremitat inferior per preparar el contacte del peu amb el terra (Heiderscheit et al., 2010; Yu et al., 2008).

Conèixer la força que produeixen els isquiosurals pot servir com a mesura indicadora de rendiment a causa de la possible relació que presenta amb la cursa de velocitat, ja que és la quantitat de força que pot produir la musculatura contra el terra. Per poder-ho valorar, es pot realitzar mitjançant un test de força isomètrica màxima (FIM) d'aquesta musculatura, dut a terme prèviament en futbolistes. Aquest test presenta una gran similitud amb el moment del mecanisme lesional dels isquiosurals, ja que és el moment on s'aplica la major contracció excèntrica de la prova atlètica. Per això, es pot realitzar la isometria amb una flexió de 15-30° per l'obtenció de la màxima activació del bíceps femoral dret i esquerra (McCall et al., 2015).

Es presenten múltiples factors de risc de lesió en aquesta musculatura. Els factors de risc no modificables són l'edat avançada i els antecedents de distensió dels isquiosurals mentre que els factors de risc modificables són la debilitat, fatiga muscular, desequilibris de la força excèntrica dels

isquiosurals i concèntrica dels quàdriceps, una disminució de la flexibilitat del quàdriceps, una reducció de la flexibilitat dels flexors de maluc i, el dèficit de força i coordinació de la musculatura del tronc i la pelvis (Erickson & Sherry, 2017; Freckleton et al., 2014; Worrell, 1994).

La gran correlació que hi ha entre els velocistes i les lesions als isquiosurals (C. M. Askling et al., 2007, 2014; Opar et al., 2014) fa que sigui un paràmetre a tenir en compte a partir del valor de la força isomètrica màxima que s'aplica en cada extremitat inferior (Kataura et al., 2017). Aquesta musculatura és clau en la velocitat, ja que presenta un braç de moment gran i estable en tot el rang de moviment en el pla sagital del maluc (Németh & Ohlsén, 1985), produint una gran activació al moment previ del contacte amb el terra, fet que es relaciona amb la quantitat de força de reacció horitzontal del terra que es produeix durant l'acceleració (Nuell et al., 2020; Rabita et al., 2015).

Les dades que es poden extreure dels tests per obtenir el perfil vertical i horitzontal dels atletes de velocitat fa que es pugui monitorar i avaluar els entrenaments de forma més individualitzada per obtenir un major rendiment (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016). A més, conèixer la força isomètrica màxima de la musculatura més implicada en les curses de velocitat pot servir per observar la diferenciació entre extremitats i poder-la quantificar a causa de la relació que presenta amb l'esprint (C. Askling et al., 2006; Kataura et al., 2017; McCall et al., 2015).

#### **4. JUSITIFICACIÓ DE L'ESTUDI**

Es presenta un buit científic en relació amb els paràmetres mecànics de la velocitat estudiats en diverses ocasions (Haugen et al., 2019; Jiménez-Reyes et al., 2018b, 2020; Jean Benoît Morin & Samozino, 2016; Nuell et al., 2020) amb la força isomètrica dels isquiosurals (McCall et al., 2015; Schache et al., 2011) en el rendiment dels atletes de velocitat.

Falta evidència científica en les correlacions entre variables de diferents tests validats i estandarditzats com els paràmetres de diferents salts verticals de la bateria de salts de Bosco (Bosco et al., 1983; Cooper et al., 2020; Jean Benoît Morin & Samozino, 2016), els paràmetres de velocitat de cursa (Tavares et al., 2018) i els paràmetres de la força isomètrica de la musculatura isquiosural (McCall et al., 2015). Aquests tests es poden analitzar de forma senzilla i presenten una aplicació directa amb la prova del corredor de velocitat per obtenir la millora del seu rendiment.

Les correlacions que es poden extreure amb el conjunt dels tests poden proporcionar informació per individualitzar els programes d'entrenament incidint amb els punts forts i febles de l'atleta (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016; Samozino et al., 2008).

## **5. HIPÒTESIS I OBJECTIUS**

### **5.1. HIPÒTESIS**

Les hipòtesis d'aquest estudi d'investigació són les següents:

1. Hi ha relació entre la força isomètrica màxima d'isquiosurals amb els paràmetres mecànics de l'esprint.
2. Hi ha relació entre la capacitat de salt amb la força isomètrica màxima d'isquiosurals.
3. Es presenten diferències en les propietats mecàniques de salt vertical entre CMJ i SJ.
4. Es presenta correlació entre tots els paràmetres mecànics de l'esprint amb el rendiment

### **5.2. OBJECTIU PRINCIPAL**

Relacionar les propietats mecàniques de l'esprint amb la força isomètrica màxima de la musculatura isquiosural.

### **5.3. OBJECTIUS SECUNDARIS**

- Relacionar les propietats mecàniques amb el rendiment de l'esprint.
- Comprovar si hi ha relació entre la FIM d'isquiosurals i la capacitat de salt.
- Interpretar si es presenten diferències en la FIM d'isquiosurals entre les dues extremitats inferiors i amb la cama dominant

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1. POBLACIÓ I MOSTRA**

L'estudi va dirigit a tretze velocistes ben entrenats (homes=8; dones=5; edat mitjana:  $24.2 \pm 3.9$  anys; massa corporal mitja:  $64.96 \pm 10.2$  kg; alçada mitja:  $171.69 \pm 9.1$  cm; cama dominant dreta=8 i cama dominant esquerra= 5) voluntaris per participar a l'estudi de resultats (Taula 1). El gènere, especialitat i millor marca personal dels atletes es proporcionen a l'Annex 1.

S'ha considerat la cama dominant de l'atleta la que està més anterioritzada en la posició de sortida, ja que normalment és la cama que produeix més força i en la qual els atletes es senten més còmodes.

Els criteris d'inclusió han sigut: (1) Velocistes que competeixen en distàncies entre 60 i 400 metres llisos de nivell autonòmic. (2) Tenir entre 18 i 35 anys. (3) Atletes en actiu. (4) Atletes que realitzen les mateixes pautes d'entrenament. (5) Firmar el consentiment d'informat. Els criteris d'exclusió han sigut: (1) No completar tots els tests de l'estudi. (2) Haver patit una lesió en els últims 6 mesos. (3) No complir amb els criteris d'inclusió.

Es va informar a un mateix grup d'entrenament de velocitat en què consistia l'estudi, comunicant dies, dates, hores i ubicació. Els atletes interessats van decidir si volien participar voluntàriament (Annex 3 i 4).

### Taula 1.

#### Mostra dels subjectes

Nº Atleta	Gènere (M/F)	Edat (anys)	Pes (kg)	Alçada (cm)	Cama dominant (D/E)
1	M	21	59	173	D
2	M	23	63	180	E
3	F	21	58	168	D
4	M	21	72	181	D
5	M	23	65	170	D
6	M	21	75	179	D
7	F	30	52.5	155	D
8	M	33	68	170	D
9	M	27	90	190	D
10	F	21	54	163	E
11	M	27	68	170	E
12	F	25	55	164	E
13	F	22	65	169	E
<b>Mitjana</b>		<b>24.2</b>	<b>64.96</b>	<b>171.69</b>	
<b>DE</b>		<b>3.9</b>	<b>10.2</b>	<b>9.1</b>	

Nota. DE: Desviació estàndard.

## 6.2. VARIABLES DE L'ESTUDI

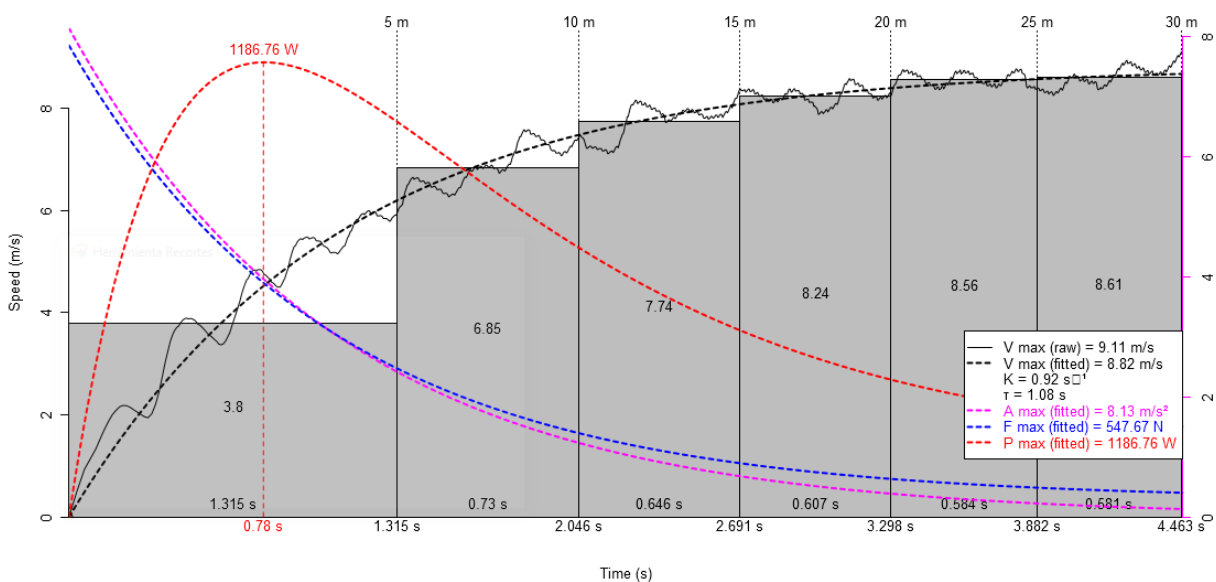
### 6.2.1. Esprint 30 metres

- **Temps parcials esprint 30 metres:** Registre dels temps parcials cada cinc metres (5m,10m,15m,20m,25m i 30m) per valorar les variables del perfil F-V de l'esprint sense càrrega a una velocitat màxima de cursa (Jiménez-Reyes et al., 2020).
- **Paràmetres:**
  - **Potència màxima horitzontal:** Capacitat màxima de producció de potència en direcció horitzontal per unitat de massa corporal de l'atleta durant l'acceleració de l'esprint en els instants inicials (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).

- **Força màxima horitzontal:** Capacitat d'aplicar la força màxima teòrica horitzontal per unitat de massa corporal sobre la superfície durant l'acceleració de l'esprint en condicions d'isometria (força elevada a velocitat 0). Aquest valor es correspon al moment inicial de la sortida de velocitat (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).
  - **Velocitat màxima horitzontal:** Capacitat d'aplicar la velocitat màxima teòrica horitzontal en condicions de resistència (interna i externa) nul·la sense fregament que el velocista pot aconseguir a una velocitat màxima amb un temps de contacte mínim contra el terra. Aquest paràmetre es correlaciona amb la capacitat de produir força horitzontal a unes condicions de velocitat altes. Aquest valor se sol correspondre al punt final de l'esprint un cop s'ha aconseguit la velocitat màxima de l'atleta (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).
- **Instrument:**
- **Race Analyzer:** Encoder lineal que registra automàticament els paràmetres de cursa dels atletes amb un llarg recorregut d'anàlisi (Figura 2, 3 i 4).

**Figura 2**

*Anàlisi d'un esprint de 30m amb el dispositiu Race Analyzer*



**Figura 3**

*Race Analyzer en funcionament*



**Figura 4**

*Race Analyzer lligat al cinturó en posició de sortida*



### 6.2.2. Test de salts verticals

- **Countermovement Jump (CMJ) i Squat Jump (SJ):** Salts verticals sense contramoviment (SJ) i amb contramoviment (CMJ) validats per valorar paràmetres del rendiment de l'atleta que es diferencien en la producció d'energia elàstica, major captació de la musculatura i acumulació d'estimulació en el CMJ vers el SJ (Van Hooren & Zolotarjova, 2017).
  - o **SJ:** L'execució del SJ consisteix a mantenir una posició inicial durant uns 3 segons a 90-120º de flexió de genolls amb els peus paral·lels, tocant a terra i, a l'alçada de les



espatlles. Les mans se situen sobre les crestes ilíaqües en tot moment amb la mirada endavant. Després de mantenir aquesta posició, que serveix per evitar una possible energia elàstica, es realitza el salt vertical a la major alçada possible. Del punt d'alçada màxim, es realitza el descens per tornar a contactar amb el terra amb els genolls en extensió i en flexió plantar. Es busca en tot moment la verticalitat del salt, sense desplaçar el centre de gravetat.

- **CMJ:** En l'execució del CMJ es parteix d'una posició inicial de bipedestació, les mans a l'alçada de les crestes ilíaqües, la mirada fixe endavant i els peus a l'alçada de les espatlles. Després de mantenir la posició durant aproximadament 3 segons, es realitza un contramoviment amb flexió de 90-120° de genolls i, tot seguit, l'extensió d'aquests amb una flexió plantar per la realització del salt vertical al més ràpid possible. El descens del salt es realitza en extensió de genolls i flexió plantar i, mantenir el contacte amb el terra. Es busca en tot moment la verticalitat del salt, sense desplaçar el centre de gravetat.

- **Paràmetres:**

- **Potència màxima vertical (W):** Capacitat màxima de producció de potència vertical de sortida del sistema neuromuscular per unitat de massa corporal de les extremitats inferiors del velocista durant l'execució del moviment d'extensió concèntric i balístic (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).
- **Alçada de salt (cm):** Valor que s'obté a partir de la velocitat inicial d'enlairament del centre de masses i el temps de vol (Pérez-Castilla et al., 2020).
- **Velocitat inicial (m/s):** Valor que determina la velocitat d'enlairament inicial de l'atleta en direcció vertical. Valor més precís per determinar l'alçada del salt (Pérez-Castilla et al., 2020).

- **Instrument:**

- **Plataforma de contacte:** Dispositiu estandarditzat de detecció que permet registrar els paràmetres mecànics del salt vertical (Pérez-Castilla et al., 2020; Whitmer et al., 2015) connectat al programa de *Chronojump* que és un software lliure obert (Figura 5 i 6) (Buscà & Font, 2011; Pueo et al., 2020).

**Figura 5**

*Execució del SJ en el pla sagital sobre la plataforma de contacte*



**Figura 6**

*Execució del CMJ en el pla sagital sobre la plataforma de contacte*



### 6.2.3. Força isomètrica màxima (FIM) d'isquiosurals

- **Test de força isomètrica màxima (FIM) isquiosural:** Mesura objectiva, ràpida i senzilla que permet observar les diferències de força màxima i producció de força per unitat de temps entre isquiosurals (Faulkner et al., 1993). Es realitza en decúbit supí amb un angle de 15-30º de flexió de genoll a partir de l'extensió completa de genoll per incidir en la màxima activació del bíceps femoral vers el semitendinós i semimembranós. Seguidament, s'aplica la força isomètrica màxima en direcció a terra al més ràpid possible, mantenint la tensió durant un mínim de 3 segons (McCall et al., 2015).
- **Paràmetres:**
  - **Força isomètrica màxima (N):** Valor del pic màxim de força en newtons (N) produït durant l'aplicació de la força isomètrica en ambdues extremitats (McCall et al., 2015).
  - **RFD0 (N/s):** Valor que indica la producció de força màxima (N) que s'ha obtingut per unitat de temps (N/s) (Bellumori et al., 2011).
- **Instrument:**
  - **Galga extensomètrica:** Dispositiu que permet detectar la força aplicada mitjançant un objecte rígid per valorar la producció de força isomètrica (N). Aquesta galga va connectada al software lliure *Chronojump* (Figura 7).

**Figura 7**

*Execució del test FIM d'isquiosurals amb la galga extensomètrica*



Tots els instruments de detecció utilitzats han estat connectats al sistema informàtic - *Chronojump*, software lliure i gratuït en les ciències de l'esport que serveix per registrar i avaluar les dades obtingudes (Buscà & Font, 2011; Pueo et al., 2020).

### 6.3. PROCEDIMENT

#### 6.3.1. Proves de valoració

El procediment de l'estudi consisteix en la realització d'una activació de 40' (exercicis de prevenció de lesions individuals de cada atleta, carrera continua, mobilitat articular activa i finalment, exercicis de tècnica de cursa acabant amb progressions d'esprint) pautat per l'entrenador de velocitat dels participants (Pooley et al., 2020). Recuperant 5 minuts després de l'entrada en calor, es va realitzar el test de força isomètrica màxima d'isquiosurals de cada extremitat inferior en ambdues ocasions, mantenint un temps mínim d'isometria de 3 segons (McCall et al., 2015).

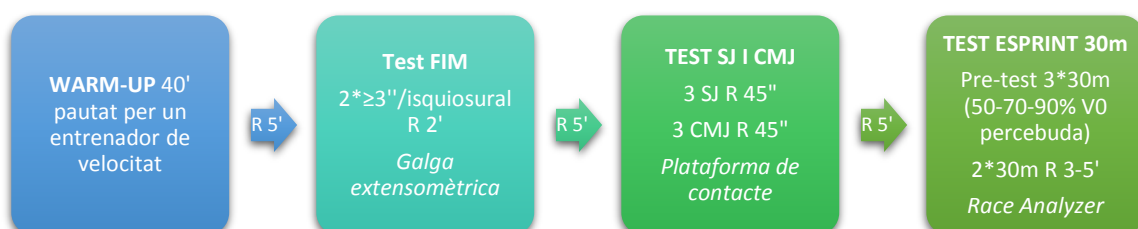
Recuperant 5 minuts entre tests, es va dur a terme els 3 salts de *Squat Jump* amb una recuperació de 45" entre salts i, tot seguit, el *Countermovement Jump* en les mateixes condicions (Van Hooren & Zolotarjova, 2017).

Amb el mateix temps de recuperació entre test, per últim es va realitzar un pretest de 3 sèries de 30 metres a una intensitat del 50%, 70% i 90% de la velocitat màxima percebuda per l'atleta. Seguidament, 2 sèries de 30 metres al 100% de la velocitat percebuda amb un temps de recuperació d'entre 3 i 5 minuts (Tavares et al., 2018). Es pot observar l'esquema sintetitzat del procediment a la figura 8.

Es va realitzar el procediment en ambdues ocasions segons el dia escollit per realitzar l'estudi de resultats dels subjectes.

**Figura 8**

*Esquema sintetitzat del procediment de l'estudi*



### **6.3.2. Infraestructures**

La infraestructura principal ha sigut l'Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC) a Barcelona. S'ha utilitzat el camp de gespa artificial per l'escalfament, dos laboratoris i la recta de pista de tartà exterior.

### **6.3.3. Material**

El material que s'ha utilitzat ha sigut una galga extensomètrica amb un convertidor analògic digital, una barra olímpica de 20kg, un banc horitzontal, un *Race Analyzer* i una plataforma de contacte A2 connectats a un cable USB 1,5m, un cable RCA 1,5m, un *chronopic multitest* i una bossa de transport A2. Es pot observar el pressupost a l'annex 8.

S'han utilitzat els *softwares* gratuïts *Chronojump*, *Microsoft Excel* i *Word*, *JASP* i *SPSS v.23.0.0.0* pel registre i anàlisi de dades i, el *Mendeley* per gestionar i obtenir documents i referències bibliogràfiques.

## **6.4. DESCRIPCIÓ DE LA PROPOSTA D'INTERVENCIÓ**

Es va consultar a un grup d'experts per acabar de definir i ajustar la realització del procediment plantejat per l'estudi i també es va realitzar una sessió informativa de caràcter oral i per escrit per explicar la proposta d'intervenció.

L'estudi es va dur a terme a l'Institut Nacional d'Educació Física de Barcelona per agilitzar el procés de realització dels tests gràcies a la proximitat entre les infraestructures i el material que es va utilitzar.

Es va donar a escollir als atletes els dies que podien assistir en funció a la seva disponibilitat al matí i, van ser informats mitjançant un correu electrònic dels dos dies adjudicats. Van participar 8 velocistes el 4 de gener del 2021 i els 5 restants el 7 del mateix mes en igualtat de condicions entre els dos dies de valoració.

Tres professionals de l'equip que van dissenyar el *Chronojump* i el meu tutor del treball de final de grau també van estar presents en l'organització dels tests per facilitar el muntatge de l'equipament necessari i per mantenir una bona distribució dels atletes en tot moment.

Ambdós grups que van participar en diferents dies, van realitzar les mateixes indicacions. Abans d'iniciar els tests, es va realitzar un escalfament previ de 40 minuts pautat per l'entrenador dels atletes (carrera continua, estiraments dinàmics i exercicis propis de tècnica de carrera) (Nuell et al., 2020) sobre la gespa del camp de futbol de la instal·lació. Els tests es van realitzar en progressió en funció a la seva exigència (força isomètrica d'isquiosurals, salts verticals i l'esprint de 30 metres).

Els atletes van iniciar l'estudi 5 minuts després de l'escalfament amb el test de força isomètrica d'isquiosurals (McCall et al., 2015) mitjançant la galga extensomètrica com a instrument de valoració. Es va dur a terme en un laboratori que va cedir l'INEFC per l'estudi. Els velocistes de l'estudi no tenien coneixement del test, però si de l'execució de la prova, pròpia dels exercicis que realitzen normalment. Per tant, es va explicar que s'havien de col·locar en decúbit supí sobre el banc horitzontal tal com es pot observar a la figura 5 amb el turmell subjectat a un objecte rígid a l'alçada dels mal·lèols amb un angle d'entre 15° i 30° de flexió de genoll partint de l'extensió de l'extremitat que es volia avaluar per incidir en el bíceps femoral. Es va subjectar al velocista al banc amb un cinturó a l'alçada de les crestes ilíiaques per evitar la compensació durant l'execució del test (McCall et al., 2015).

La FIM es va valorar aplicant la màxima força en direcció a terra sense moviment, es va explicar que l'inici havia de ser el més ràpid i fort possible. Per obtenir aquest inici més fiable i ràpid es va demanar a l'atleta que iniciés el test quan ell estigués preparat. La FIM d'isquiosurals es va valorar en 2 ocasions mantenint un mínim de 3 segons de contracció en cada extremitat inferior amb 2 minuts de descans entre repeticions (Figura 6). Durant l'execució del test es va corregir la postura del velocista, es van donar estímuls verbals i es van registrar els paràmetres de F0 (N) i RFD0 (N/s) (McCall et al., 2015). La necessitat d'avaluar la FIM d'aquesta musculatura dels atletes va servir per observar si es presentaven diferències en les dades entre extremitats i correlacionar amb les altres que es van registrar a causa del gran impacte que suposa aquesta musculatura en els velocistes (Erickson & Sherry, 2017; McCall et al., 2015).

Seguidament, es van avaluar les dues tipologies de salts verticals, el *Squat Jump* (SJ) (Figura 4) i el *Countermovement Jump* (CMJ) (Figura 5) en el mateix laboratori amb els mateixos professionals sobre la plataforma de contacte que va registrar la velocitat inicial del salt (VI), la potència màxima vertical (VTC-Pmàx) i l'alçada (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016; Van Hooren & Zolotarjova, 2017). Es va iniciar en primera instància el salt vertical amb el SJ, realitzant 3 intents amb 45 segons de descans i, seguidament, es va realitzar el mateix protocol amb el CMJ (López-Samanes et al., 2017). Es van registrar els paràmetres per valorar si el CMJ va presentar majors valors que el SJ entre les variables. Ambdós salts es van iniciar amb l'atleta sobre la plataforma de contacte a la seva part central. Per la realització del SJ es va demanar que l'atleta partís d'una flexió de genolls mantinguda de 90° amb les mans al maluc, mantenir la posició, i ascendís verticalment sense contramoviment realitzant un salt vertical màxim. Aquest test va ser útil per avaluar la força explosiva de l'atleta sense la utilització de l'energia elàstica (Samozino et al., 2008; Van Hooren & Zolotarjova, 2017; Villa & García-López, 2004). El CMJ es va iniciar en bipedestació amb la part distal de les extremitats inferiors en contacte sobre el centre de la plataforma amb les mans al maluc. Els atletes van rebre les consignes per realitzar la tècnica adient del salt partint d'una extensió de genolls i executant un moviment ràpid flexionant els

genolls a 90° i realitzar una extensió (contramoviment) sense pausa efectuant el salt en direcció vertical màxim. Aquest test va ser útil per avaluar la força explosiva amb la utilització d'energia elàstica (Bosco et al., 1983; Villa & García-López, 2004). Es va corregir la tècnica d'execució dels atletes i es va repetir l'intent quan es va observar que era incorrecte (Pérez-Castilla et al., 2020).

Els atletes es van desplaçar del laboratori a les rectes de tartan per la realització del test de 30 metres. Abans d'iniciar el test es van posar les vambes de claus específiques de velocitat i van realitzar 3 esprints de 30 metres al 50%, 70% i 90% de la velocitat màxima percebuda dels subjectes descansant 5 minuts abans de registrar els esprints posteriors. El test va consistir en 2 esprints de 30 metres amb 3-5 minuts de recuperació (Jiménez-Reyes et al., 2020).

Els atletes van iniciar els esprints des d'una posició de tres punts de suport. Van començar a córrer quan es van sentir preparats (Nuell et al., 2020). Es van valorar els paràmetres F0, V0, Pmàx i els temps parcials de cada 5 metres (5-10-15-20-25 i 30) mitjançant el dispositiu *Race Analyzer* (Figura 2) utilitzat per l'avaluació del perfil força-velocitat de l'esprint. Els velocistes es van lligar un cinturó que anava lligat amb un fil a l'instrument de valoració. Per l'anàlisi estadístic es va escollir el millor intent de cada test (Jiménez-Reyes et al., 2020). Es pot observar un exemple del registre de l'atleta a l'annex 6.

## 6.5. ANÀLISI ESTADÍSTIC

S'han presentat les mitjanes i les desviacions estàndards de totes les dades. Al ser menys de 30 subjectes es va realitzar la distribució normal amb el test de *Shapiro-Wilk*. Per avaluar l'associació entre variables es va utilitzar per quantificar els procediments a través de la correlació lineal de *Pearson* ( $r$ ) (producte-moment) i la correlació de *Spearman*, pel fet que van haver-hi variables que es van utilitzar estadística paramètrica com no paramètrica.

S'han utilitzat les interpretacions qualitatives dels coeficients de  $r$  proporcionats per Hopkins (0,00-0,09 trivial; 0,10-0,29 petita; 0,30-0,49 moderada; 0,50-0,69 gran; 0,70-0,89 molt gran (òptima); 0,90-0,99 gairebé perfecte; 1,0 perfecte) per a totes les correlacions significatives (Hopkins et al., 2009).

El nivell de significació del tres test es va fixar en  $P < 0,05$  i  $P < 0,01$ . El procés estadístic es va realitzar amb el software SPSS v.23.0.0.0 (IBM, Armon, New York) i Microsoft Excel 16.0 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

## 6.6. CONSIDERACIONS ÈTIQUES

L'estudi va ser aprovat pel Comitè d'Ètica institucional d'investigació del Consell Català de l'Esport (No. 01\_2017\_CEICGC) (Annex 2) i autoritzat per la Comissió de TFG de l'Escola Superior de Ciències de la Salut del TecnoCampus (Annex 3).

Tots els participants van ser informats per la investigadora principal de forma oral i escrita i, van rebre un full d'informació al participant (Annex 4) disponible amb català i castellà amb les dades de l'estudi, els objectius i les garanties de protecció de dades amb els possibles riscos i beneficis derivats de la participació, tal com s'indica a la Declaració de Hèlsinki (2013) ("World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects," 2013) amb el document del consentiment d'informat per escrit (Annex 5) que conté la declaració de l'obtenció de la informació del projecte, la voluntarietat de la participació, la possibilitat a retirar-se, l'autorització de la utilització de dades en el seu cas i, l'espai per firmes, el qual també estava disponible en català i castellà.

Durant el desenvolupament del projecte es va respectar en tot moment els principis ètics de la Declaració de Hèlsinki (WMA, 2013), permetent que els participants poguessin abandonar de forma voluntària i lliure l'estudi, sense cap perjudici o canvi en el tractament habitual del projecte. Es va respectar el Codi Deontològic de la Professió de l'Educació Física i Esportiva del col·legi de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport.

El participant va presentar en el present estudi el dret a la confidencialitat mantenint les normes més estrictes de conducta professional i confidencial de les dades personals dels participants, d'acord amb la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de Desembre, de protecció de dades personals i la garantia dels drets digitals i del Reglament general (UE) 2016/678, de 27 d'abril de 2016, de protecció de dades (RGPD). Els investigadors de l'estudi es van assegurar de complir les lleis.

Per altra banda, les dades recollides van ser anònimes i amb un pseudònim. Únicament van tenir accés la investigadora principal en les dades que seran emmagatzemades en carpetes de *Google Drive* en el compte del TecnoCampus amb una consideració de caràcter personal, professional, empresarial i institucional susceptibles al secret empresarial. Aquests requisits de secret empresarial van ser exigits per la Llei 1/2019 del 20 de febrer i, la competència deslleial i preceptes del Codi Penal en la Llei 3/1991 del 10 de gener.

En el cas que un atleta sol·licités a tenir dret d'accés, rectificació, cancel·lació i/o oposició, es va facilitar un correu electrònic per posar-se en contacte amb la investigadora principal: [orossell@edu.tecnocampus.cat](mailto:orossell@edu.tecnocampus.cat), demanant el compromís a no revelar cap informació sobre altres participants.



## 7. RESULTATS

La Taula 2 mostra els valors de la FIM (N) i de la RFD0 (N/s) de la musculatura isquiosural dreta, esquerra i de la cama dominant. S'ha obtingut una mitjana de 307,04N en la DFIM amb una desviació estàndard (DE) de 76,88 mentre que en l'EFIM presenta una mitjana de 294,51N i una DE 65,57. En la CDFIM s'observa una mitjana de 303,31N i una DE de 66,61. Es presenta més dispersió de dades i una mitjana de la FIM isquiosural major en la DFIM respecte a l'EFIM i CDFIM.

En relació amb la força màxima produïda per unitat de temps en la musculatura isquiosural dreta, s'ha registrat una mitjana de 2.535,62 i una DE de 1.105,28 mentre que la musculatura isquiosural esquerra ha obtingut uns valors de 3.197,32 en la mitjana i 3.887,87 en la DE. En la força màxima produïda per unitat de temps de la cama dominant dels atletes s'ha obtingut una mitjana de 2.041,15 i una DE de 818,09. La mitjana de RFD0 és major en la musculatura isquiosural dreta i la dispersió de dades més elevada s'observa en l'isquiosural esquerra.

**Taula 2**

*Valors de força isomètrica màxima de la musculatura isquiosural*

Nº Atleta	FIM ISQUIOSURAL					
	DFIM (N)	DRFD0 (N/s)	EFIM (N)	ERFD0 (N/s)	CDFIM (N)	CDRFD0 (N/s)
1	278,68	2.648,30	289,32	2.964,90	278,68	2.648,30
2	345,12	2.456,20	326,65	1.520,10	326,65	1.520,10
3	251,09	1.663,70	276,43	957,20	251,09	1.663,70
4	349,72	3.102,30	248,63	2.881,20	349,72	3.102,30
5	255,21	2.400,50	243,84	3.811,80	255,21	2.400,50
6	287,83	2.427,20	250,13	1.994,60	287,83	2.427,20
7	268,24	1.131,70	219,62	4.992,80	268,24	1.131,70
8	287,83	2.427,20	409,7	4.927,5	287,83	2.427,20
9	476,43	3.612,30	393,12	1.345,20	476,43	3.612,30
10	309,07	1.485,10	301,76	1.453,00	301,76	1.453,00
11	414,28	1.667,10	366,80	703,10	366,80	703,10
12	171,09	2.485,80	209,60	1.897,30	209,60	1.897,30
13	296,96	5.455,70	283,23	1.548,30	283,23	1.548,30
<b>Mitjana</b>	<b>307,04</b>	<b>2.535,62</b>	<b>293,76</b>	<b>2.384,38</b>	<b>303,31</b>	<b>2.041,15</b>
<b>DE</b>	<b>76,88</b>	<b>1.105,28</b>	<b>64,06</b>	<b>1.430,00</b>	<b>66,61</b>	<b>818,09</b>

*Nota.* DFIM: Força isomètrica màxima dreta; EFIM: Força isomètrica màxima esquerra; CDFIM: Força isomètrica màxima cama dominant; DRFD0: Producció força màxima per unitat de temps dreta; ERFD0: Producció força màxima per unitat de temps esquerra; CDRFD0: Producció força màxima per unitat de temps cama dominant; DE: Desviació estàndard.

Els valors registrats dels paràmetres mecànics del *Squat Jump* (SJ) i del *Countermovement Jump* (CMJ) es mostren a la Taula 3 on es pot observar uns majors valors en l'alçada de salt, potència màxima i de velocitat inicial majors en el CMJ en tots els atletes exceptuant el 8 i 13 on els valors són majors en el SJ. També es registra l'alçada mitjana d'ambdós salts verticals (SJ: 40,69; CMJ:42,80), la Pmàx (SJ: 910,40; CMJ: 933,43) i la V inicial (SJ: 2,81; CMJ: 2,89) dels quals es mostren uns valors més elevats en els tres paràmetres mecànics en el CMJ en comparació al SJ. Es mostra la DE de l'alçada de salt (SJ: 7,12 ; CMJ: 7,24 ), de la Pmàx (SJ: 208,97 ; CMJ: 210,69) i de la V inicial (SJ: 0,26 ; CMJ: 0,25) dels subjectes dels quals també s'observen uns majors més elevats en el CMJ.

### Taula 3

*Valors dels paràmetres mecànic del SJ i CMJ*

Nº Atleta	Salts verticals					
	SJ			CMJ		
	Alçada (cm)	Pmàx (W)	V inicial (m/s)	Alçada (cm)	Pmàx (W)	V inicial (m/s)
1	46,25	870,47	3,01	48,54	891,75	3,09
2	43,92	905,73	2,94	49,32	959,81	3,11
3	27,95	665,22	2,34	31,00	700,57	2,47
4	44,34	1.040,04	2,95	45,98	1.059,06	3,00
5	45,32	949,30	2,98	48,15	978,43	3,07
6	40,16	1.030,99	2,81	42,51	1.060,80	2,89
7	34,32	660,80	2,60	37,03	686,44	2,70
8	42,16	957,78	2,88	41,71	952,65	2,86
9	47,29	1.342,66	3,05	49,68	1.376,11	3,12
10	32,99	672,82	2,54	36,64	709,11	2,68
11	48,34	1.131,23	3,08	50,84	1.160,07	3,16
12	29,28	645,60	2,40	29,32	646,08	2,40
13	46,60	962,53	3,02	45,74	953,68	3,00
<b>Mitjana</b>	<b>40,69</b>	<b>910,40</b>	<b>2,81</b>	<b>42,80</b>	<b>933,43</b>	<b>2,89</b>
<b>DE</b>	<b>7,12</b>	<b>208,97</b>	<b>0,26</b>	<b>7,24</b>	<b>210,69</b>	<b>0,25</b>

*Nota.* SJ: *Squat Jump*; CMJ: *Countermovement Jump*; Pmàx: Potència màxima; V inicial: Velocitat d'enlairament inicial; DE: Desviació estàndard.

La Taula 4 mostra els temps dels 0 als 30 metres dels 13 velocistes en parcials de 5 metres. Es mostra una mitjana de 1,36" als 5m, 2,12" als 10m, 2,79" als 15m, 3,42" als 20m, 4,02" als 25m i de 4,62" als 30m amb una DE que va incrementant en els valors entremetjats dels 5 metres (0,15) fins als 30 metres (0,34).

#### Taula 4

*Temps parcials de 0 a 30 metres*

Atleta	5m (s)	10m (s)	15m (s)	20m (s)	25m (s)	30m (s)
1	1,31	2,00	2,65	3,24	3,82	4,39
2	1,31	2,06	2,71	3,32	3,90	4,43
3	1,39	2,19	2,90	3,57	4,23	4,88
4	1,34	2,06	2,68	3,27	3,82	4,36
5	1,22	1,94	2,57	3,16	3,73	4,28
6	1,47	2,30	3,01	3,71	4,36	5,00
7	1,31	2,10	2,81	3,50	4,15	4,80
8	1,29	2,03	2,69	3,31	3,91	4,50
9	1,24	1,95	2,56	3,12	3,66	4,19
10	1,80	2,59	3,31	3,98	4,60	5,28
11	1,25	1,99	2,65	3,27	3,86	4,45
12	1,40	2,25	3,00	3,71	4,40	5,07
13	1,32	2,05	2,69	3,30	3,88	4,46
<b>Mitjana</b>	<b>1,36</b>	<b>2,12</b>	<b>2,79</b>	<b>3,42</b>	<b>4,02</b>	<b>4,62</b>
<b>DE</b>	<b>0,15</b>	<b>0,18</b>	<b>0,21</b>	<b>0,26</b>	<b>0,29</b>	<b>0,34</b>

*Nota.* DE: Desviació estàndard.

La Taula 5 mostra els valors dels paràmetres mecànics F0, F rel, V0, Pmàx i Pmàx rel de l'esprint de 30 metres dels 13 velocistes amb la respectiva mitjana i DE.

Es mostren unes mitjanes de 449,36N en la F0, 6,85N/kg en la F rel, 9,12 m/s en la V0, 1.039,38W en la Pmàx i 15,70W/kg en la Pmàx rel. Es pot observar una DE de cada paràmetre, sent 94,21 en la F0, 0,91 en la F rel, 0,87 en la V0, 298,90 en la Pmàx i de 2,93 en la Pmàx rel.

**Taula 5***Valors dels paràmetres mecànics de l'esprint de 30 metres*

<b>Atleta</b>	<b>F0 (N)</b>	<b>F rel (N/Kg)</b>	<b>V0 (m/s)</b>	<b>Pmàx (W)</b>	<b>Pmàx rel (W/Kg)</b>
<b>1</b>	503,57	8,54	9,34	1.176,29	19,94
<b>2</b>	432,54	6,87	9,54	1.031,54	16,37
<b>3</b>	383,85	6,62	8,29	795,37	13,71
<b>4</b>	478,37	6,64	10,49	1.254,33	17,42
<b>5</b>	463,73	7,13	9,88	1.145,66	17,62
<b>6</b>	431,14	5,75	8,38	902,70	12,04
<b>7</b>	339,91	6,54	8,23	699,04	13,44
<b>8</b>	455,29	6,70	9,36	1.064,87	15,66
<b>9</b>	624,79	6,94	10,70	1.670,55	18,56
<b>10</b>	296,59	5,49	8,48	629,30	11,65
<b>11</b>	535,54	7,14	9,17	1.227,61	16,37
<b>12</b>	317,43	5,77	7,90	627,18	11,40
<b>13</b>	488,69	7,52	9,38	1.145,47	17,62
<b>Mitjana</b>	<b>449,36</b>	<b>6,85</b>	<b>9,12</b>	<b>1.039,38</b>	<b>15,70</b>
<b>DE</b>	<b>94,21</b>	<b>0,91</b>	<b>0,87</b>	<b>298,90</b>	<b>2,93</b>

*Nota.* F0: Força màxima teòrica; F rel: Força relativa; V0: Velocitat màxima teòrica; Pmàx: Potència màxima; Pmàx rel: Potència màxima relativa.

La Taula 6 mostra les correlacions entre la FIM de l'isquiosural dreta, esquerra i de la cama dominant amb els paràmetres mecànics del salt vertical (alçada, Pmàx i VI) SJ i CMJ.

Els paràmetres mecànics del CMJ (alçada de salt, Pmàx i VI) i del SJ (Pmàx) presenten un coeficient de correlació de Pearson (r) òptim (0,70-0,89) amb la FIM de l'extremitat inferior dreta (DFIM) (P<0,01), igual que la Pmàx d'ambdós salts verticals amb la FIM de l'extremitat inferior dominant (CDFIM) (P<0,01).

S'observa una gran correlació r (0,5-0,6) en els paràmetres de l'alçada de salt i VI del SJ amb la DFIM i en l'alçada, Pmàx i VI del CMJ i, SJ Pmàx amb l'EFIM. També es mostra la mateixa correlació r en l'alçada i VI del SJ i CMJ en la CDFIM (P<0,05).

**Taula 6**

*Correlacions entre la FIM d'isquiosurals amb els paràmetres mecànics del salt vertical*

	<b>Alçada SJ</b>	<b>SJ Pmàx</b>	<b>SJ VI</b>	<b>Alçada CMJ</b>	<b>CMJ Pmàx</b>	<b>CMJ VI</b>
	<b>(cm)</b>	<b>(W)</b>	<b>(m/s)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(W)</b>	<b>(m/s)</b>
<b>DFIM</b>	,641*	,812**	,641*	,700**	,837**	,696**
<b>P-valor</b>	,018	,001	,018	,008	,000	0,008
<b>DRFDO</b>	,514	,457	,514	,371	,360	,377
<b>P-valor</b>	,072	,117	,072	,212	,226	,204
<b>EFIM</b>	,550	,599*	,550	,575*	,637*	,562*
<b>P-valor</b>	,051	,030	,051	,040	,019	,046
<b>ERFDO</b>	-,127	-,177	-,127	-,039	-,204	-,020
<b>P-valor</b>	,680	,564	,680	0,900	,505	,948
<b>CDFIM</b>	,580*	,820**	,580*	,632*	,842**	,626*
<b>P-valor</b>	,038	,001	,038	,020	,000	,022
<b>CDRFDO</b>	,190	,512	,190	,264	,500	,261
<b>P-valor</b>	,535	,074	,535	,384	,082	,389

*Nota.* DFIM: Força isomètrica màxima dreta; EFIM: Força isomètrica màxima esquerra; CDFIM: Força isomètrica màxima cama dominant; DRFDO: Producció força màxima per unitat de temps dreta; ERFDO: Producció força màxima per unitat de temps esquerra; CDRFDO: Producció força màxima per unitat de temps cama dominant; SJ: *Squat Jump*; CMJ *Countermovement Jump*; Pmàx: Potència màxima; VI: Velocitat inicial; P-valor: nivell de significança; Correlacions significants: \*P<0,05; \*\* P<0,01.

La Taula 7 mostra les correlacions entre la força isomètrica màxima d'isquiosurals d'ambdues extremitats i de la cama dominant dels atletes amb els paràmetres mecànics de l'esprint (F0,F0 rel, V0, Pmàx i Pmàx rel).

S'observen correlacions r òptimes (0,70-0,89) entre la F0 i Pmàx de la DFIM i, entre la F0, V0 i Pmàx de la CDFIM, sent aquests valors significants (P<0,01). També presenten grans correlacions r (0,50-0,69) la V0 amb la DFIM, la F0 i Pmàx amb l'EFIM i la V0 i Pmàx amb la CDRFDO (P<0,05).

## Taula 7

Correlacions entre la FIM d'isquiosurals amb els paràmetres mecànics de l'esprint

	F0 (N)	F0 rel (N/kg)	V0 (m/s)	Pmàx (W)	Pmàx rel (W/kg)
<b>DFIM</b>	,760**	,257	,664*	,780**	,499
<b>p-valor</b>	,003	,397	,013	,002	,083
<b>DRFD0</b>	,498	,328	,510	,528	,485
<b>p-valor</b>	,083	,274	,075	,064	,093
<b>EFIM</b>	,671*	,363	,415	,635*	,457
<b>p-valor</b>	0,012	,223	,159	,020	,116
<b>ERFD0</b>	-,197	,015	,069	-,131	,039
<b>p-valor</b>	,520	,962	,822	,670	,900
<b>CDFIM</b>	,745**	,185	,701**	,793**	,470
<b>p-valor</b>	,003	,545	,008	,001	,105
<b>CDRFD0</b>	,432	,046	,668*	,554*	,369
<b>p-valor</b>	,140	,881	,013	,049	,215

*Nota.* DFIM: Força isomètrica màxima dreta; EFIM: Força isomètrica màxima esquerra; CDFIM: Força isomètrica màxima cama dominant; DRFD0: Producció força màxima per unitat de temps dreta; ERFD0: Producció força màxima per unitat de temps esquerra; CDRFD0: Producció força màxima per unitat de temps cama dominant; F0: Força màxima teòrica; F0 rel: Força relativa; V0: Velocitat màxima teòrica; Pmàx: Potència màxima; Pmàx rel: Potència màxima relativa; P-valor: nivell de significança; Correlacions significants: \*P<0,05; \*\* P<0,01.

La Taula 8 mostra les correlacions entre el rendiment de l'esprint dels 0 als 30 metres en temps parcials de 5 metres amb els paràmetres mecànics de l'esprint (F0, F0 rel, V0, Pmàx i Pmàx rel).

S'observa una correlació r gairebé perfecta (0,90-0,99) en els 25 i 30 metres amb la potència màxima relativa (P<0,01), una correlació r òptima (0,70-0,89) entre els valors dels 10m, 15m i 20m amb tots els paràmetres mecànics de l'esprint (F0, F0 rel, V0, Pmàx i Pmàx rel) i dels paràmetres mecànics de la F0, F0 rel, V0 i Pmàx amb el rendiment en els 25 i 30 metres, presentant un nivell de significança inferior al 0,01. També es mostra una gran correlació r (0,50-0,69) en els primers 5m amb tots els paràmetres mecànics de l'esprint (P<0,05).

**Taula 8***Correlacions entre el rendiment de l'esprint de 30m amb els paràmetres mecànics*

	<b>F0 (N)</b>	<b>F0 rel (N/kg)</b>	<b>V0 (m/s)</b>	<b>Pmàx (W)</b>	<b>Pmàx rel (W/kg)</b>
<b>5m</b>	-,669*	-,652*	-,580*	-,624*	-,657*
<b>p-valor</b>	,01	,016	,04	,02	,01
<b>10m</b>	-,768**	-,759**	-,743**	-,751**	-,765**
<b>p-valor</b>	,002	,003	,004	,003	,002
<b>15m</b>	-,802**	-,725**	-,804**	-,848**	-,791**
<b>p-valor</b>	,001	,005	,001	,001	,001
<b>20m</b>	-,845**	-,742**	-,785**	-,856**	-,898**
<b>p-valor</b>	,001	,001	,001	,001	,001
<b>25m</b>	-,866**	-,740**	-,833**	-,887**	-,921**
<b>p-valor</b>	,001	,001	,001	,001	,001
<b>30m</b>	-,877**	-,745**	-,846**	-,899**	-,931**
<b>p-valor</b>	,001	,001	,001	,001	,001

*Nota.* 'x'm: distància recorreguda; F0: Força màxima teòrica; F0 rel: Força relativa; V0: Velocitat màxima teòrica; Pmàx: Potència màxima; Pmàx rel: Potència màxima relativa; P-valor: nivell de significança; Correlacions significants: \*P<0,05; \*\* P<0,01.

## **8. DISCUSSIÓ**

L'objectiu principal d'aquest estudi de resultats ha sigut observar si hi ha relació entre les propietats mecàniques de l'esprint (F0, F rel, V0, Pmàx, P rel) amb la força isomètrica màxima de la musculatura isquiosural.

S'ha valorat l'isquiosural dret (DFIM i DRFDO), esquerra (EFIM i ERFDO) i la cama dominant de l'atleta (CDFIM i CDRFDO). Dels paràmetres anteriors, s'ha observat una correlació molt gran entre la FIM de l'isquiosural dret i en la cama dominant dels atletes amb la força màxima teòrica aplicada (F0) i, amb la potència màxima produïda (Pmàx).

A més, la FIM de la cama dominant dels atletes també presenta una gran correlació amb la velocitat màxima teòrica (V0). S'han obtingut correlacions elevades amb la V0 de la FIM isquiosural dreta, la F0 i Pmàx de la FIM isquiosural esquerra i en la V0 i Pmàx de la RFDO en la cama dominant, sent tots aquests amb més significança. Per tant, la FIM dels isquiosurals sembla ser determinant amb els paràmetres mecànics de l'esprint de la Pmàx (DFIM, EFIM, CDFIM i CDRFDO), de la F0 (DFIM, EFIM i

CDFIM) i de la VO (DFIM, CDFIM i CDRFD0). Tanmateix, els paràmetres mecànics restants no s'han correlacionat de forma significativa amb les dades obtingudes en el test de la FIM que es va realitzar.

### **8.1. FIM ISQUIOSURAL – PARÀMETRES MECÀNICS DE L'ESPRINT**

La musculatura dels velocistes està composta per una gran quantitat de fibres tipus II i, els isquiosurals en contenen en gran proporció (Alexander, 1989; Jonhagen et al., 1994). Per tant, els atletes requereixen una gran quantitat de força per córrer ràpidament i evitar lesions en aquesta musculatura.

Per altra banda, aquesta força es pot detectar a través del test de la FIM isquiosural que, es va dur a terme inicialment en futbolistes professionals (McCall et al., 2015; Read et al., 2019) per demostrar que és una eina de camp fiable, ràpida i útil que permet obtenir la força isomètrica màxima com a indicadora de rendiment durant la temporada, permetent detectar les asimetries entre extremitats la fatiga acumulada i també el dolor muscular residual dels esportistes. L'estudi de McCall (2015) en comparació al realitzat al present estudi va registrar una mitjana de la FIM dels futbolistes amb els mateixos graus de flexió de genoll amb la cama dominant (310N), valor similar a l'obtingut de la DFIM (307,04N) i de la CDFIM (303,31N) i, amb la cama no dominant (294N), valor pràcticament idèntic a l'EFIM dels velocistes (293,76N) dels quals es pot observar asimetries en la FIM entre les dues extremitats i, va considerar com a cama dominant, la cama de xut dels futbolistes mentre que en l'estudi que s'ha realitzat amb els atletes s'ha considerat la cama més anterioritzada en la posició de sortida que, sol ser la que presenta major força.

Per altra banda, la desviació estàndard de les dades registrades ha sigut major entre velocistes, pot ser degut a la diferència física entre els subjectes, ja que a l'estudi dels futbolistes tots eren del gènere masculí i estaven al mateix nivell esportiu.

Per tant, la força isomètrica màxima dels isquiosurals es correlaciona directament amb els paràmetres de l'esprint (FO, Pmàx, VO). Més en concret, es correlaciona en el moment en què el genoll està en valors més aproximats a l'extensió, ja que es presenta una major elongació tal com s'ha observat en futbolistes (Read et al., 2019).

### **8.2. FIM ISQUIOSURAL-PARÀMETRES MECÀNICS SALTS VERTICALS**

Els resultats d'aquest estudi mostren uns valors més elevats en els paràmetres mecànics de l'alçada de salt, potència màxima teòrica i velocitat inicial en el CMJ en comparació al SJ. Aquest fet és degut a l'alta estimulació muscular durant el contramoviment i, la utilització de l'energia elàstica tal com s'indica a l'estudi de Bobbert i Casius (2005) que, afirmen el major rendiment en tots els paràmetres del CMJ en contraposició al SJ degut aquest contramoviment.



No obstant, no es mostra una gran diferència entre els paràmetres mecànics d'ambdós salts en la mitjana i la DE. Segons Van Hooren i Zolotarjova (2017) una major o menor diferència entre salts no es relaciona directament amb un major rendiment de l'atleta, ja que hi ha molts factors a considerar (amplitud de moviment, augmentar l'estimulació de forma ràpida, grau de flexió muscular, entre d'altres). A més, s'ha de tenir en compte el moment de la temporada en el qual es va realitzar l'estudi, ja que era un període de preparació per les competicions més importants de la temporada d'hivern (pista coberta) on, s'acabava d'iniciar l'entrenament de força explosiva i no hi havia competicions de gran rellevància. Aquesta fase es caracteritza per aplicar una intensitat del 90% o més de la potència màxima concèntrica (aplicació d'una força màxima en el menor temps possible) i, en el cas dels velocistes, s'afegeix exercicis de transferència propis de la disciplina (tècnica de carrera, salts i sprints) (Bosco, 2000). Per tant, es podria explicar els valors més elevats de dos velocistes del SJ vers el CMJ i, la proximitat que es presenta entre paràmetres al CMJ perquè durant la fase de força explosiva, es produeix la contracció més potent i ràpida possible pròpia del SJ. També, una major capacitat contràctil, de reclutament instantani i de sincronització i, és una manifestació activa a diferència del CMJ com a manifestació reactiva que es treballa mitjançant el següent període de la temporada amb la força elàstic-explosiva (Vélez Blasco, 1992) (Annex 7).

En relació amb la força isomètrica màxima de la musculatura isquiosural, es mostra una correlació de  $p < 0,01$  (\*\*) amb la potència màxima de salt d'ambdós salts verticals amb la cama dreta, esquerra i la cama dominant, ja que es requereix una gran força per produir una major potència dels atletes, exceptuant la correlació gran de  $p < 0,05$  (\*) en la potència màxima de l'atleta. Per possibles asimetries entre extremitats, es mostra la correlació òptima en tots els paràmetres de salt del CMJ i SJ i, gran en l'alçada i VI del SJ de la cama dreta en contraposició als paràmetres de la cama esquerra que, també es correlacionen però en menor proporció ( $r=0,50-0,69$ ) menys l'alçada i VI del SJ. Tavares et al. (2008) també mostra la correlació òptima ( $r=0,70-0,89$ ) del paràmetre potència màxima i de la correlació gran ( $r=0,50-0,69$ ) en la  $V_0$  amb l'alçada de salt en el SJ en jugadores de futbol, sent aquests valors significatius.

En mostrar que més atletes presenten la cama dreta com a dominant, es pot deduir que les correlacions de la DFIM siguin més significants que en les de l'EFIM.

### **8.3. PARÀMETRES MECÀNICS DE L'ESPRINT – RENDIMENT DE L'ESPRINT**

La correlació entre els paràmetres de l'esprint en 30 metres amb el rendiment també l'afirma l'estudi de Tavares (2018), que mostra les correlacions del temps de l'esprint en una distància de 20 metres amb les seves propietats mecàniques màximes ( $F_0$ ,  $V_0$  i  $P_{màx}$ ). Aquests autors demostren una correlació gairebé perfecta ( $r=0,99$ ) en la  $P_{màx}$  i òptima en la  $V_0$  ( $r=0,80$ ) i la  $F_0$  ( $r=0,76$ ).

No obstant, s'absenta de comentar els paràmetres de la força i la potència màxima relativa que, han mostrat una correlació gran en els primers 5 metres, molt gran dels 10 als 30 metres i gairebé perfecte en la Pmàx relativa dels 25 als 30 metres en l'estudi realitzat. Segons Peter G. (2000), les majors velocitats s'aconsegueixen mitjançant una major aplicació de força sobre el terra. Els valors de Pmàx i V0 també es mostren correlacionats en aquesta distància, ja que la Pmàx horitzontal (W/kg) és el resultat a la  $F0 \cdot V0/4$  durant l'esprint (Jean Benoît Morin & Samozino, 2016).

Jiménez-Reyes (2018a) compara jugadors de futbol sala i futbol 11, on mostra que en jugadors de futbol sala es predomina la F0 a causa de les acceleracions curtes en comparació al futbol 11 que ho fa la V0, ja que es realitzen esprints més llargs a màxima velocitat, mostrant una potència màxima similar entre jugadors. D'aquesta forma, es reafirma la major correlació de F0 en el perfil F-v en l'esprint de 30 metres que, en més distància, el perfil s'enfocarà més a la V0 (f-v) mantenint una Pmàx semblant dels velocistes.

Cal donar èmfasis a què, els atletes que s'han analitzat en el present estudi preparaven el macrocicle de pista coberta de la temporada, amb l'objectiu de realitzar 60 metres llisos. Per tant, s'enfoca a un perfil F-v que ajudaria a entendre la forta correlació que hi ha en tots els paràmetres en tractar-se en una distància curta d'acceleració de 30 metres.

Samozino (2016) corrobora el rendiment de l'esprint de 40 metres amb els seus paràmetres mecànics en velocistes d'elit masculins amb dos mètodes diferents: plataforma de força i càlcul. D'aquesta forma, es pot afegir un altre mètode de valoració dels paràmetres amb el rendiment: *Race Analyzer* amb el *Chronojump*.

#### **8.4. SUGGERIMENTS**

Futurs treballs poden anar enfocats en la relació que pot haver-hi entre la força isomètrica d'isquiosurals amb la prevalença de lesions en aquesta musculatura tan implicada en les proves de velocitat. És a dir, una possible hipòtesi seria que la força isomètrica màxima de la musculatura isquiosural és una eina útil per la prevenció de lesions i per observar les asimetries dels atletes de velocitat durant la temporada. També es podria dur a terme el mateix estudi que s'ha realitzat en un altre microcicle de la temporada i, comparar les dades extretes de la primera valoració amb la segona. A més, es podria diferenciar les dades obtingudes entre homes i dones i, observar les correlacions que es presenten entre ambdós gèneres.

Donat a la relació que s'ha presentat entre la FIM, salts verticals amb els paràmetres de l'esprint, una altra línia d'investigació per futurs estudis seria comparar programes d'entrenament que continguin en menor o major proporció aquestes variables.

## **9. LIMITACIONS**

- Tipus d'estudi: Es van prendre mesures a l'inici de temporada de pista coberta (PC) i la intenció era tornar a registrar-les al moment òptim de la temporada del microcicle competitiu (estudi pre-post) per comparar les dades en dos moments de la temporada. Per les mesures restrictives per contenir la propagació del brot de COVID-19 que va adoptar el Govern d'España amb el Real Decret 463/2020 del 14 de Març de la crisi sanitària, l'estudi es va adaptar en correlacionar les dades de la valoració inicial proposada.
- Diferència entre subjectes: Es presenten diferències significants entre les marques personals dels atletes en l'estat actual i la seva morfologia.
- Tècnica dels subjectes: Tot i ensenyar la tècnica de realització dels diversos tests, la tècnica de realització pot no ser l'òptima i pot afectar en els resultats.
- Clima: L'esprint de 30 metres es va realitzar a l'exterior, ja que es disposava de tartà per córrer en les mateixes circumstàncies de competició. L'estat climatològic era incontrolable i va ploure en una de les valoracions.

## **10. CONCLUSIONS**

Els majors descobriments de l'estudi han sigut la relació entre la FIM isquiosural amb els paràmetres mecànics de l'esprint de 30m. També, la relació de la FIM amb els paràmetres mecànics del salt vertical (SJ i CMJ) que han donat resposta a les hipòtesis plantejades amb les dades obtingudes dels atletes de velocitat de nivell nacional.

S'han demostrat correlacions entre la CDFIM i DFIM amb la F0, V0 i Pmàx, entre l'EFIM amb la F0 i Pmàx i, entre la CDRFD0 amb la V0 i Pmàx. Aquests resultats ens poden indicar l'estat de la musculatura isquiosural amb els paràmetres de l'esprint com a indicadors de rendiment segons el valor obtingut. A més, també ens poden indicar la possible asimetria de la força isomètrica màxima de cada extremitat dels subjectes, ja que per exemple, la V0 no es relaciona amb l'EFIM, a diferència de la CDFIM i DFIM.

En els salts verticals també s'han trobat les correlacions que es buscaven amb la FIM, destacant la potència màxima com a paràmetre més significatiu en la cama dreta, esquerra i dominant. Per altra banda, no s'ha trobat relació amb l'alçada i VI en l'EFIM del SJ, fet que refuta en aquests paràmetres excepcionals la hipòtesi de la relació de tots els paràmetres del salt vertical amb la FIM. No obstant, tots els paràmetres restants s'han correlacionat amb la DFIM, CDFIM i EFIM.

Que tots els valors anteriors siguin significants, permet entendre el rendiment dels atletes amb els paràmetres mecànics de la carrera. Els valors de temps registrats dels 0 als 30 metres han mostrat mantenir correlació amb tots els paràmetres mecànics de l'esprint.

Per tant, mantenir valors més semblants entre l'EFIM i la DFIM de l'atleta podria ajudar a millorar els paràmetres mecànics de l'esprint i, en conseqüència, millorar el rendiment.

Es pot concloure que, la força isomètrica màxima de la musculatura isquiosural i els salts verticals són dos conceptes a tenir en compte en els entrenaments dels atletes de velocitat per l'obtenció d'uns majors resultats donat que aquests valors mantenen una relació. Tanmateix, es necessiten futures línies d'investigació per resoldre els buits científics de l'estudi que, permetrà avançar en el rendiment dels esportistes.

## **11. IMPLICACIÓ A LA PRÀCTICA PROFESSIONAL**

Es poden obtenir les següents implicacions pràctiques professionals a partir dels resultats d'aquest estudi:

1. En el rendiment de l'atleta per saber en quin paràmetre mecànic s'ha d'enfocar l'entrenament per obtenir uns majors resultats a partir de les dades registrades.
2. En el control de càrregues de la temporada.
3. En la prevenció de lesions dels velocistes en la musculatura isquiosural per observar la FIM com a indicadora del grau de fatiga i les possibles asimetries entre extremitat.
4. L'aplicabilitat dels tests en altres modalitats d'atletisme i en altres esports.

## **12. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES**

- Alexander, M. J. (1989). The relationship between muscle strength and sprint kinematics in elite sprinters. In *Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport*.
- Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2007). Acute first-time hamstring strains during high-speed running: A longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. *American Journal of Sports Medicine*.  
<https://doi.org/10.1177/0363546506294679>
- Askling, C. M., Tengvar, M., Tarassova, O., & Thorstensson, A. (2014). Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: A prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *British Journal of Sports Medicine*.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093214>
- Askling, C., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2006). Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to pre-injury level. *British Journal of Sports Medicine*.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018879>
- Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., Del Campo-Vecino, J., & Alonso-Curiel, D. (2013). The effects of a maximal power training cycle on the strength, maximum power, vertical jump height and acceleration of high-level 400-meter hurdlers. *Journal of Human Kinetics*.  
<https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0012>
- Bellumori, M., Jaric, S., & Knight, C. A. (2011). The rate of force development scaling factor (RFD-SF): Protocol, reliability, and muscle comparisons. *Experimental Brain Research*.  
<https://doi.org/10.1007/s00221-011-2735-7>
- Bosco, C. (2000). La fuerza muscular : aspectos metodológicos. In *Rendimiento deportivo*.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*.  
<https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Brughelli, M., Cronin, J., & Chaouachi, A. (2011). Effects of Running Velocity on Running Kinetics and Kinematics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 933–939.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c64308>
- Buscà, B., & Font, A. (2011). A low-cost contact system to assess load displacement velocity in a resistance training machine. *Journal of Sports Science and Medicine*.

- Cooper, C. N., Dabbs, N. C., Davis, J., & Sauls, N. M. (2020). Effects of Lower-Body Muscular Fatigue on Vertical Jump and Balance Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(10), 2903–2910. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002882>
- Cormie, P., McGuigan, M., & Newton, R. (2011a). Developing Maximal Neuromuscular Power. Part 2 - Training Considerations for Improving Maximal Power Production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing Maximal Neuromuscular Power. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Cross, M. R., Brughelli, M., Brown, S. R., Samozino, P., Gill, N. D., Cronin, J. B., & Morin, J. B. (2015). Mechanical properties of sprinting in elite rugby union and rugby league. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0151>
- Erickson, L. N., & Sherry, M. A. (2017). Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. In *Journal of Sport and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001>
- Faulkner, J. A., Brooks, S. V., & Opitck, J. A. (1993). Injury to skeletal muscle fibers during contractions: Conditions of occurrence and prevention. In *Physical Therapy*. <https://doi.org/10.1093/ptj/73.12.911>
- Freckleton, G., Cook, J., & Pizzari, T. (2014). The predictive validity of a single leg bridge test for hamstring injuries in Australian rules football players. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092356>
- Haugen, T. A., Breitschädel, F., & Seiler, S. (2019). Sprint mechanical variables in elite athletes: Are force-velocity profiles sport specific or individual? *PLoS ONE*, 14(7), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215551>
- Haugen, T. A., Breitschädel, F., & Seiler, S. (2020). Sprint mechanical properties in soccer players according to playing standard, position, age and sex. *Journal of Sports Sciences*, 38(9), 1070–1076. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1741955>
- Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chummanov, E. S., & Thelen, D. G. (2010). Hamstring strain injuries: Recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. In *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3047>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. In *Medicine and Science in Sports and Exercise*. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

- Huygaerts, S., Cos, F., Cohen, D. D., Calleja-González, J., Guitart, M., Blazeovich, A. J., & Alcaraz, P. E. (2020). Mechanisms of Hamstring Strain Injury: Interactions between Fatigue, Muscle Activation and Function. *Sports*. <https://doi.org/10.3390/sports8050065>
- Jiménez-Reyes, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñañiel, V., Párraga-Montilla, J. A., Morcillo-Losa, J. A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2018a). Differences in sprint mechanical force-velocity profile between trained soccer and futsal players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–19.
- Jiménez-Reyes, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñañiel, V., Párraga-Montilla, J. A., Morcillo-Losa, J. A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2018b). Differences in sprint mechanical force-velocity profile between trained soccer and futsal players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–19.
- Jiménez-Reyes, P., Garcia-Ramos, A., Párraga-Montilla, J. A., Morcillo-Losa, J. A., Cuadrado-Peñañiel, V., Castaño-Zambudio, A., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2020). Seasonal Changes in the Sprint Acceleration Force-Velocity Profile of Elite Male Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003513>
- Jonhagen, S., Nemeth, G., & Eriksson, E. (1994). Hamstring Injuries in Sprinters. *The American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/036354659402200218>
- Kataura, S., Suzuki, S., Matsuo, S., Hatano, G., Iwata, M., Yokoi, K., Tsuchida, W., Banno, Y., & Asai, Y. (2017). Acute effects of the different intensity of static stretching on flexibility and isometric muscle force. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001752>
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*. <https://doi.org/10.1119/1.1397460>
- López-Samanes, Á., Moreno-Pérez, D., Maté-Muñoz, J. L., Domínguez, R., Pallarés, J. G., Mora-Rodríguez, R., & Ortega, J. F. (2017). Circadian rhythm effect on physical tennis performance in trained male players. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1258481>
- Lysholm, J., & Wiklander, J. (1987). Injuries in runners. *The American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/036354658701500213>
- McCall, A., Nedelec, M., Carling, C., Le Gall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2015). Reliability and sensitivity of a simple isometric posterior lower limb muscle test in professional football

- players. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022579>
- Morin, J.-B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical Ability of Force Application as a Determinant Factor of Sprint Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(9), 1680–1688. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318216ea37>
- Morin, Jean Benoit, Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., & Lacour, J. R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2379-8>
- Morin, Jean Benoît, & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(2), 267–272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Németh, G., & Ohlsén, H. (1985). In vivo moment arm lengths for hip extensor muscles at different angles of hip flexion. *Journal of Biomechanics*. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(85\)90005-3](https://doi.org/10.1016/0021-9290(85)90005-3)
- Nuell, S., Illera-Domínguez, V. R., Carmona, G., Alomar, X., Padullés, J. M., Lloret, M., & Cadefau, J. A. (2020). Hypertrophic muscle changes and sprint performance enhancement during a sprint-based training macrocycle in national-level sprinters. *European Journal of Sport Science*, *20*(6), 793–802. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1668063>
- Opar, D. A., Drezner, J., Shield, A., Williams, M., Webner, D., Sennett, B., Kapur, R., Cohen, M., Ulager, J., Cafengiu, A., & Cronholm, P. F. (2014). Acute hamstring strain injury in track-and-field athletes: A 3-year observational study at the Penn Relay Carnival. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.12159>
- Pérez-Castilla, A., McMahon, J. J., Comfort, P., & García-Ramos, A. (2020). Assessment of Loaded Squat Jump Height With a Free-Weight Barbell and Smith Machine: Comparison of the Takeoff Velocity and Flight Time Procedures. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002166>
- Pooley, S., Spendiff, O., Allen, M., & Moir, H. J. (2020). Comparative efficacy of active recovery and cold water immersion as post-match recovery interventions in elite youth soccer. *Journal of Sports Sciences*, *38*(11–12), 1423–1431. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1660448>
- Pueo, B., Penichet-Tomas, A., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Reliability and validity of the Chronojump open-source jump mat system. *Biology of Sport*. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2020.95636>
- Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Sàez-de-Villarreal, E., Couturier, A., Samozino, P., & Morin, J. B.



- (2015). Sprint mechanics in world-class athletes: A new insight into the limits of human locomotion. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.  
<https://doi.org/10.1111/sms.12389>
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W. L., & Gill, N. D. (2010). Transference of strength and power adaptation to sports performance-horizontal and vertical force production. *Strength and Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181e91eec>
- Read, P. J., Turner, A. N., Clarke, R., Applebee, S., & Hughes, J. (2019). Knee Angle Affects Posterior Chain Muscle Activation During an Isometric Test Used in Soccer Players. *Sports*.  
<https://doi.org/10.3390/sports7010013>
- Rumpf, M. C., Lockie, R. G., Cronin, J. B., & Jalilvand, F. (2016). Effect of Different Sprint Training Methods on Sprint Performance over Various Distances: A Brief Review. In *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001245>
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
- Schache, A. G., Crossley, K. M., Macindoe, I. G., Fahrner, B. B., & Pandy, M. G. (2011). Can a clinical test of hamstring strength identify football players at risk of hamstring strain? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1221-2>
- Slawinski, J., Termoz, N., Rabita, G., Guilhem, G., Dorel, S., Morin, J. B., & Samozino, P. (2017). How 100-m event analyses improve our understanding of world-class men's and women's sprint performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.  
<https://doi.org/10.1111/sms.12627>
- Tavares, F., Beaven, M., Teles, J., Baker, D., Healey, P., Smith, T. B., Driller, M., Athletes, F., Ramsey, M. W., McBride, J., Triplett, T., Sands, W. A., Lamont, H. S., Stone, M. E. M. H. M. E., Stone, M. E. M. H. M. E., Education, C., City, J., State, M., & Junction, G. (2018). Association Between the Force-Velocity Profile and Performance Variables Obtained in Jumping and Sprinting in Elite Female Soccer Players. *International Journal*, 14(2), 156-162.  
<https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01787161/full>
- Van Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). The difference between Countermovement and Squat Jump performance: A review of underlying mechanisms with practical applications. In *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001913>

- Vélez Blasco, M. (1992). El entrenamiento de fuerza para la mejora del salto. *Apunts Medicina de l'Esport (Castellano)*.
- Villa, J. G., & García-López, J. (2004). Tests de salto vertical (I): Aspectos funcionales. *Revista Digital: Rendimiento Deportivo*.
- Whitmer, T. D., Fry, A. C., Forsythe, C. M., Andre, M. J., Lane, M. T., Hudy, A., & Honnold, D. E. (2015). Accuracy of a vertical jump contact mat for determining jump height and flight time. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000542>
- World Medical Association declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. (2013). In *JAMA - Journal of the American Medical Association*. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Worrell, T. W. (1994). Factors Associated with Hamstring Injuries: An Approach to Treatment and Preventative Measures. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.2165/00007256-199417050-00006>
- Yu, B., Queen, R. M., Abbey, A. N., Liu, Y., Moorman, C. T., & Garrett, W. E. (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *Journal of Biomechanics*. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.09.005>

## 13. ANNEXOS

### ANNEX 1. GÈNERE DELS VELOCISTES I CARACTERÍSTIQUES DE LES PROVES

Nº identificador participant	Gènere	Prova	MMP (s)
1	M	60 mll	7,56
2	M	100 mll	11,55
		200 mll	23,40
		400 mll	55,13
3	F	60 mll	7,95
		200 mll	27,19
4	M	60 mll	7,40
		100 mll	11,45
		200 mll	24,01
5	M	60 mll	7,31
		100 mll	11,34
		200 mll	23,46
6	M	200 mll	28,75
7	F	60 mll	8,21
		100 mll	12,92
		200 mll	26,18
		400 mll	58,69
8	M	100 mll	11,62
		200 mll	24,08
		400 mll	56,32
9	M	100 mll	10,60
		200 mll	21,23
		400 mll	48,70
10	F	60 mll	8,12
		100 mll	13,03
		200 mll	26,35
		400 mll	58,65
11	M	60 mll	7,31
		100 mll	11,50
		200 mll	23,36
12	F	200 mll	27,47
		400 mll	1,01,29
13	F	60 mll	7,35
		100 mll	11,91
		200 mll	24,76

## ANNEX 2. APROVACIÓ DEL COMITÈ D'ÈTICA EXTERN



Dr. RAMON BALIUS MATAS, DE LA UNITAT DE MEDICINA DE L'ESPORT I SALUT DEL CONSELL CATALÀ DE L'ESPORT, ACTUANT COM SECRETARI DEL COMITÈ D'ÈTICA D'INVESTIGACIONS CLÍNiques DE L'ADMINISTRACIÓ ESPORTIVA DE CATALUNYA

CERTIFICA

Que en la reunió realitzada el dia 18 d'ABRIL de 2017, aquest Comitè d'Ètica acordà avaluar favorablement el projecte presentat per Adrián García-Fresneda i Gerard Carmona Dalmases, amb número de referència 01/2017/CEICEGC, titulat "Acute and chronic effects of different types of exercise and training on performance parameters in diverse sport populations" (01\_2017\_CEICGC).

Faig constar aquesta avaluació favorable als efectes oportuns.

Esplugues de Llobregat, 19 d'Abril de 2017



Generalitat de Catalunya  
Consell Català de l'Esport  
Unitat de Medicina de l'Esport  
Av. Països Catalans, 40-48  
08950 Esplugues de Llobregat

Dr. Ramon Balius Matas  
Metge especialista en Medicina de l'Esport  
Col·legiat 23.684 (Barcelona)  
Centre de Medicina de l'Esport  
Consell Català de l'Esport

Dr. Ramon Balius Matas

## ANNEX 3. AUTORITZACIÓ DE LA COMISSIÓ DE TFG



### ASPECTOS ÉTICOS DEL TRABAJO FIN DE GRADO (TFG) DICTAMEN DE LA COMISIÓ DE TFG

En Mataró, a 16 de Marzo de 2021,

La Comisión del Trabajo Fin de Grado de Fisioterapia y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (CAFD) de la Escuela Superior de Ciencias de la Salud de TecnoCampus (ESCST), tras la revisión de la memoria inicial del trabajo fin de grado (TFG) elaborada por:

*Ona Rossell Font, alumna de la Doble Titulació en Fisioterapia y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte,*

Con título:

*“Relació del rendiment en el sprint amb la cadena extensora”,*

Dictamina que **SE CUMPLEN** los requisitos establecidos en relación a los aspectos éticos del TFG y **AUTORIZA** a comenzar el proceso de recogida de datos de los participantes y continuar con la realización del trabajo.

COMISIÓ DE TFG  
FISIOTERAPIA Y CAFD  
(ECTST)

## ANNEX 4. FULL D'INFORMACIÓ

### INFORMACIÓ PELS PARTICIPANTS

L'estudiant Ona Rossell Font del grau universitari del Tecnocampus de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport dirigit per Adrián García Fresneda està duent a terme el projecte d'investigació de la relació del rendiment de l'esprint amb la musculatura isquiosural.

El projecte presenta la finalitat de relacionar les propietats mecàniques del esprint amb la força isomètrica màxima de la musculatura isquiosural. En primer lloc, es realitzarà un warm-up pautat per un entrenador de velocitat. Conseqüentment, es realitzaran els test específics a valorar, dels quals són el test de força isomètrica màxima d'isquiosurals, el test de l'esquat amb salt, el test de l'esquat amb salt amb contramoviment i el test d'esprintar 30 metres llisos. En el projecte participen els següents centres d'investigació: Escola Superior de Ciències de la Salut del Tecnocampus (centre adscrit a la Universitat Pompeu Fabra) i l'associació sense ànim de lucre *Chronojump-Boscosystem* per la investigació i la difusió de la tecnologia aplicada a l'activitat física i a l'esport. En el context d'aquesta investigació, li demanem la seva col·laboració per a que sigui partícip d'aquest estudi i aportar nous coneixements en la millora del rendiment de l'entrenament velocitat mitjançant l'obtenció dels resultats dels diferents test, ja que vostè compleix els següents criteris d'inclusió: (1) Velocista que competeixen distàncies d'entre 60 fins a 400 metres llisos de nivell autonòmic. (2) Tenir entre 18 i 35 anys. (3) Atleta en actiu. (4) Atletes que realitzen les mateixes pautes d'entrenament. (5) Firmar el consentiment d'informat.

Aquesta col·laboració implica participar en: (1) Realitzar un warm-up específic i dirigit de quaranta. (2) Executar el test de força isomètrica màxima d'isquiosurals amb una galga extensomètrica dos cops per cama amb un mínim de tres segons d'isometria amb una recuperació de dos minuts. (3) Realitzar l'esquat amb salt tres cops amb una recuperació de quaranta-cinc segons sobre una plataforma de contacte. (4) Realitzar l'esquat amb salt i contramoviment tres cops amb una recuperació de quaranta-cinc segons sobre una plataforma de contacte. (5) Realitzar un pre-test de tres series de trenta metres amb una velocitat màxima percebuda del 50-70-90%. (6) Realitzar el test d'esprint dos cops en trenta metres amb una recuperació d'entre tres i cinc minuts amb el Race Analyzer.

S'assignarà a tots els participants un codi, pel que és impossible identificar al participant amb les respostes donades, garantint totalment la confidencialitat. Les dades que s'obtinguin de la participació

no s'utilitzaran amb ninguna altre finalitat diferent de l'explicada en aquesta investigació i passaran a formar part d'un fitxer de dades, del que serà màxim responsable la investigadora principal. Aquestes dades de caràcter personal quedarien protegides mitjançant únicament l'emmagatzematge en carpetes de Google Drive del compte amb l'usuari del Tecnocampus i, únicament podrà tenir accés la investigadora principal, Ona Rossell Font.

El fitxer de dades de l'estudi estarà sota la responsabilitat de la investigadora principal, davant la qual podrà exercir en tot moment els drets que estableixen la Llei Orgànica 3/2018, del 5 de Desembre, de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals i el Reglament general (UE) 2016/679, del 27 d'Abril del 2016, de protecció de dades (RGPD).

Tots els participants tenen dret a retirar-se en qualsevol moment d'una part o de la seva totalitat de l'estudi, sense expressió de causa o motiu i sense conseqüències. També tenen dret a que se'ls clarifiqui els seus possibles dubtes abans d'acceptar participar i a conèixer els resultats de les seves proves.

Ens posem a la seva disposició per resoldre qualsevol dubte que pugui suggerir-li. Pot contactar amb la investigadora principal mitjançant el telèfon mòbil 678958148 o a través del correu electrònic [orossell@edu.tecnocampus.cat](mailto:orossell@edu.tecnocampus.cat).

## ANNEX 5. CONSENTIMENT INFORMAT

### Formulario de consentimiento informado

#### Proyecto

*Acute and chronic effects of different types of exercise and training on performance parameters in diverse sport populations*

Fecha:

Nombre:

DNI:

Teléfono:

#### Por favor contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Has obtenido información precisa referida al proyecto? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_
2. ¿Has tenido oportunidad de plantear preguntas y discutir sobre el estudio con los investigadores? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_
3. ¿Has recibido contestaciones adecuadas a tus preguntas? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_
4. ¿Has recibido suficiente información acerca del estudio? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_
5. ¿Con qué investigador/es has hablado? Ona Rossell  
-----
6. ¿Has entendido que eres libre de retirarte del estudio sin dar explicaciones? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_
7. ¿Estás de acuerdo en la publicación de los resultados del estudio en foros científicos y revistas especializadas? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_



Habiendo sido informado de las condiciones de participación, manifiesto que comprendo los procedimientos y sus posibles riesgos, que participo bajo mi propia responsabilidad y que consiento, libre y voluntariamente, participar en este estudio para analizar los efectos agudos y crónicos de diferentes tipologías de ejercicio y entrenamiento sobre parámetros de rendimiento en diferentes poblaciones de deportistas.

El Investigador responsable del proyecto manifiesta que la persona participante tiene la posibilidad de abandonar su participación en el estudio, en cualquier momento i sin la obligación de dar explicaciones de su voluntad.

Firma:

#### **INVESTIGADORES PRINCIPALES**

Dr. Adrián García-Fresneda

Dr. Gerard Carmona Dalmases

Sra. Ona Rossell Font

#### **Afiliaciones**

Escola Superior de Ciències de la Salut, Tecnocampus Mataró, Universitat Pompeu Fabra (Barcelona, Spain).

#### **PERSONAS DE CONTACTO**

Adrián García-Fresneda      [agarciaf@tecnocampus.cat](mailto:agarciaf@tecnocampus.cat)      647 137 331

Gerard Carmona Dalmases      [gcarmona@tecnocampus.cat](mailto:gcarmona@tecnocampus.cat)      665 082 803

Ona Rossell Font      [orossell@edu.tecnocampus.cat](mailto:orossell@edu.tecnocampus.cat)      678 958 148

## ANNEX 6. EXEMPLE REGISTRE ATLETA

Primer test: FIM isquiosurals			
Atleta 'x'	Repetició	FIM (N)	RFD0 (N/s)
	1 FIM isquiosural dret		
	2 FIM isquiosural dret		
	1 FIM isquiosural esquerra		
	2 FIM isquiosural esquerra		

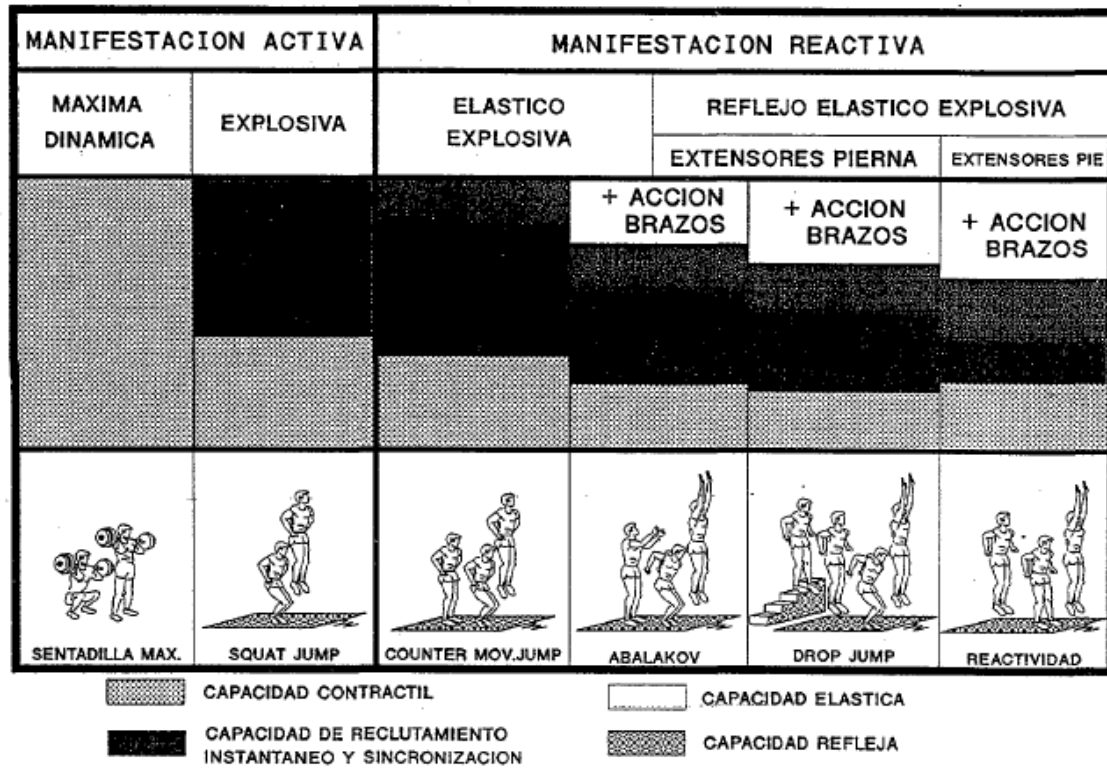
Atleta 'x'	Segon test: Salts verticals (SJ i CMJ)			
	Repetició	Alçada (cm)	Pmàx (W)	Velocitat inicial (m/s)
	1r SJ			
	2n SJ			
	3r SJ			
	1r CMJ			
	2n CMJ			
	3r CMJ			

Tercer test: Rendiment esprint 30 metres							
Atleta 'x'	Distància	5m	10m	15m	20m	25m	30m
	Temps 1ra sèrie						
	Temps 2na sèrie						

Tercer test: Paràmetres mecànics esprint 30m						
Atleta 'x'	Paràmetres	F0 (N)	F0 rel (N/Kg)	V0 (m/s)	Pmàx (W)	Pmàx rel (W/Kg)
	1ra sèrie					
	2na sèrie					

## ANNEX 7. MANIFESTACIONES DE LA FUERZA

Figura que muestra las manifestaciones de la fuerza con los tests que se utilizan para valorarla (Vittori 1990) – modificado por Vélez 1992.



## ANNEX 8.PRESSUPOST DEL MATERIAL

Material	Preu (P)	Quantitat (Q)	PxQ	Referència
Kit plataforma de contacte DIN-A2: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plataforma de contacte A2 (420x594mm)</li> <li>- Cable USB 1,5m</li> <li>- Cable RCA 1,5m</li> <li>- Chronopic multitest</li> <li>- Bossa de transport A2</li> </ul>	191,50€	1	191,50€	<a href="https://chronojump.org/es/shop/saltos/kit-s-para-saltos/kit-plataforma-de-contactos-din-a2/">https://chronojump.org/es/shop/saltos/kit-s-para-saltos/kit-plataforma-de-contactos-din-a2/</a>
Race Analyzer	725,00€	1	725,00€	<a href="https://chronojump.org/es/shop/carreras/kit-analizador-carreras/analizador-de-carrera/">https://chronojump.org/es/shop/carreras/kit-analizador-carreras/analizador-de-carrera/</a>
Kit sensor de força: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Galga extensomètrica</li> <li>- Conversor analògic digital</li> </ul>	249,80€	1	249,80€	<a href="https://chronojump.org/es/shop/material-de-fuerza/kit-sensor-de-fuerza/">https://chronojump.org/es/shop/material-de-fuerza/kit-sensor-de-fuerza/</a>