



*Centre universitari adscrit a la*



***Efectes de l'escalfament Post Activation Performance Enhancement (PAPE) en el salt i la força respecte l'escalfament convencional en Crossfit: un estudi creuat.***

TREBALL FI DE GRAU CIÈNCIES DE L'ACTIVITAT FÍSICA I ESPORT.

ECS I TECNOCAMPUS.

CURS 2023-2024.

**Autora:** Laura Timoner Mora.

**Director:** Adrián García Fresneda.

Mataró, 10 de Maig del 2024.

## Taula de continguts

Glossari .....	4
Resum .....	5
1. Introducció.....	7
2. Justificació.....	9
3. Hipòtesis i objectius.....	10
3.1 Hipòtesis.....	10
3.2 Objectius.....	11
4. Metodologia.....	12
4.1 Disseny de l'estudi.....	12
4.2 Població i mostra.....	13
4.3 Càlcul de la mostra.....	14
4.4 Criteris d'admissió:.....	14
4.5 Assignació dels individus als grups de l'estudi.....	15
4.6 Variables de l'estudi.....	15
4.6.1 My Jump Lab.....	15
4.7 Recollida de dades.....	18
4.8 Descripció dels grups d'estudi i proposta d'intervenció.....	19
4.9 Anàlisi estadístic.....	23
4.10 Consideracions ètiques.....	23
5. Resultats.....	24
6. Discussió.....	31
7. Limitacions.....	33
8. Conclusions.....	34
9. Implicacions sobre la pràctica professional.....	34
10. Referències bibliogràfiques.....	36
11. Annexes.....	39
11.1 Qüestionari inicial.....	39
11.2 Model de la informació pels participants.....	40
11.3 Model del Consentiment informat del participant.....	41
11.4 Consentiment informat dels participants i informació.....	43

## Índex de figures

Figura 1: .....	10
Figura 2: .....	12
Figura 3: .....	15
Figura 5: .....	16
Figura 4: .....	16
Figura 6: .....	17
Figura 7 .....	17
Figura 8: .....	18
Figura 9: .....	19
Figura 10: .....	20
Figura 11: .....	21
Figura 12 .....	21
Figura 13: .....	21
Figura 14: .....	22
Figura 15: .....	22
Figura 16: .....	22
Figura 19: .....	26
Figura 18: .....	26
Figura 21: .....	27
Figura 20: .....	27
Figura 23: .....	27
Figura 22: .....	27
Figura 25: .....	27
Figura 24: .....	27
Figura 26: .....	28

## Índex de Taules

Taula 1:.....	14
Taula 2.....	14
Taula 3:.....	17
Taula 4:.....	18
Taula 5:.....	21
Taula 6:.....	25
Taula 7:.....	25
Taula 8:.....	26
Taula 9:.....	28
Taula 10:.....	29
Taula 11.....	29

## Glossari

- **WOD:** Work of the Day.
- **PAPE:** Post Activation Performance Enhancement.
- **PAP :** Post Activation Potentation.
- **RM :** Repetició màxima.

## Resum

L'escalfament Post Activation Performance Enhancement (PAPE) s'ha utilitzat habitualment com a estratègia per a la millora de la força i potència en esports com el vòlei, futbol.. però no s'ha utilitzat en Crossfit. L'objectiu d'aquest estudi analític experimental longitudinal va ser avaluar els si l'escalfament PAPE provoca beneficis en el salt i la força respecte l'escalfament Convencional. Setze participants amb almenys un any d'experiència en el Crossfit (edat  $34,5 \pm 6,75$  anys, massa corporal  $77,072 \pm 9,769$ kg, alçada  $1,733 \pm 0,0888$ m) van realitzar dos protocols d'escalfament: el convencional i el convencional + PAPE. Van abandonar l'estudi 2 subjectes. Es van dividir en dos grups de 8 subjectes i van ser valorats en tres ocasions: (1) qualsevol dia en que els subjectes anaven a realitzar una sessió de Crossfit, (2) posteriorment a l'escalfament estandarditzat convencional i (3), posteriorment a l'escalfament Convencional + PAPE. L'escalfament convencional era un tipus d'escalfament específic d'extremitat inferior, utilitzant exercicis de l'esport analitzat: overhead squat, salts dobles i air squats. Pel PAPE, al finalitzar l'escalfament convencional, havien de fer una repetició al 90% de la repetició màxima de back squat. Per avaluar els efectes es va fer utilitzant l'aplicació My Jump LAB a través del Salt Abalakov i el Perfil de Força i Velocitat.

L'estudi conclou que sota la condició PAPE no es veien millores significatives en cap variable estudiada del salt ni tampoc en la força respecte el convencional. Si que hi ha diferències importants entre el PRE i els escalfaments proposats ( $p < 0,05$ ). Així doncs, l'escalfament PAPE no provoca millors adaptacions en el salt i en la força respecte l'escalfament convencional en Crossfit, però si que és important realitzar un escalfament específic per als exercicis posteriors.

**Paraules clau:** *Crossfit, Post Activation Performance Enhancement, Salt Abalakov, Perfil de força.*

## Abstract

The Post Activation Performance Enhancement (PAPE) warm-up has been commonly used as a strategy for improving strength and power in sports such as volleyball, soccer... but it has not been used in Crossfit. The aim of this longitudinal experimental analytical study was to evaluate whether the PAPE warm-up causes benefits in jumping and strength compared to the Conventional warm-up. Eighteen participants with at least one year of Crossfit experience (age  $34.5 \pm 6.75$  years, body mass  $77.072 \pm 9.769$ kg, height  $1.733 \pm 0.0888$ m) performed two warm-up protocols: the conventional and the conventional + PAPE. 2 subjects dropped out of the study. They were divided into two groups of 8 subjects and were assessed on three occasions: (1) on any day when the subjects were going to perform a Crossfit session, (2) after the conventional standardized warm-up and (3) afterwards to Conventional heating + PAPE. The conventional warm-up was a specific type of lower-extremity warm-up, using exercises from the analyzed sport: overhead squats, double jumps and air squats. For the PAPE, at the end of the conventional warm-up, they had to do a repetition at 90% of the maximum repetition of the back squat. To evaluate the effects, it was done using the My Jump LAB application through the Abalakov Jump and the Strength and Speed Profile.

The study concludes that under the PAPE condition there were no significant improvements in any studied variable of the jump nor in the strength compared to the conventional one. Yes, there are significant differences between the PRE and the proposed warm-ups ( $p < 0.05$ ). So, the PAPE warm-up does not lead to better jump and strength adaptations compared to the conventional Crossfit warm-up, but it is important to perform a specific warm-up for the subsequent exercises.

**Keywords:** *Crossfit, Post Activation Performance Enhancement, Abalakov Jump, Strength Profile.*

## 1. Introducció

El CrossFit és una disciplina que està en creixement exponencial que inclou entrenaments de força i acondicionament físic fonamentat principalment per exercicis funcionals realitzats a alta intensitat (Glassman, 2007)

Les característiques principals d'entrenament del CrossFit son a través del Work of the day (WOD), aquesta és la sessió diària que s'executa amb un mínim descans entre sèries i/o repeticions (Butcher et al., 2015). Els exercicis específics del WOD es defineixen segons els moviments de diferents disciplines: exercicis gimnàstics, d'halterofília (weighthlifting) i cardiovasculars. (Thompson, 2017.)

Pel que fa la modalitat gimnàstica, inclou exercicis de pes corporal amb la finalitat de dominar el control d'aquest. Per exemple, handstand push up, pull ups, toes to bar, etc. En l'halterofília, trobem exercicis olímpics com el clean, snatch, split jerk... Per últim, l'objectiu principal de l'activitat metabòlica és generar fatiga. Son un bon exemple el ski erg i els salts dobles a la corda (Maté-Muñoz et al., 2017).

Es pot dividir una sessió de Crossfit en tres parts: l'escalfament, la força i finalment el WOD. Es realitza l'escalfament com a objectiu de prevenir lesions i optimitzar el rendiment posterior (Tsurubami et al., 2020).

Aquest s'entén com la part preparatòria i introductòria d'una activitat motriu d'esforç considerable i/o com la fase inicial de qualsevol tipus de sessió de caràcter físicoesportiu. (Matveev, 1985 i Platonov, 1993). A més l'activació prèvia a l'execució de la pràctica esportiva és vital per assolir un rendiment òptim (McGowan et al., 2015).

Els beneficis s'esdevenen atenent a canvis fisiològics posteriors a l'escalfament realitzat correctament són: augment de la temperatura, vasodilatació en músculs actius, augment de la capacitat. Per aconseguir-los s'ha de tenir en compte l'ordre amb el qual s'ha d'establir. Segons diferents estudis, l'hem de dividir en diferents fases per aconseguir la màxima efectivitat:

En primera instància, fer ús del foam roller per disminuir les adherències musculars i augmentar l'amplitud de moviment (Wiewelhove et al., 2019). A continuació, realitzar moviments dinàmics. A més a més, fer ús dels estiraments actius tindrà certs beneficis alhora d'iniciar-se amb el màxim rendiment (Thomas et al., 2018).

En la tercera fase es troba la potenciació i la imitació. Es realitzen exercicis similars que es donaran en la disciplina esportiva que es realitzarà posteriorment.

A més de saber l'ordre, s'ha trobat que hi ha alguns tipus d'escalfament que provoquen una millora en el rendiment. L'ús del Post Activation Performance Enhancement (PAPE) suggereix que a un episodi agut a l'exercici a alta intensitat comportarà una millora de la força, la potència i la velocitat d'una tasca posterior (BRINK et al., 2022). Provocar una gran excitació muscular, majoritàriament amb gran càrrega, permet evocar una major adaptació. (Cormier et al., 2022)

Es proposa que el PAPE és quan hi ha una contracció de condicionament voluntari d'alta intensitat i condueix a una millora del rendiment muscular voluntari en una prova posterior (Cuenca-Fernández et al., 2017).

Prèviament s'ha parlat molt del Post Activation Potentiation, però és important conèixer la diferència entre aquest i el Post Activation Performance Enhancement (PAPE). Segons Blazevich & Babault (2019) el PAP fa referència a l'augment de les forces de contracció evocades per l'activitat física prèvia, en canvi, el PAPE s'utilitza per referir-se a l'augment de la producció de força voluntària provocada per l'activitat muscular prèvia.

El concepte PAPE engloba molts mecanismes que s'han de tenir en compte a part de la fosforilació de la cadena lleugera de la miosina reguladora:

En primer lloc, l'augment de la temperatura i el reclutament de les unitats motores. (McGowan et al., 2015; Tillin & Bishop, 2009). També, l'elevació de l'excitabilitat de les motoneures musculars. (TRIMBLE & HARP, 1998).

Per aconseguir els efectes, Lowery (2012) afirma que les repeticions que es realitzen han de trobar-se entre el 70 i el 93% de la repetició màxima en els membres inferiors. Amb una única repetició a un alt percentatge, seria suficient per trobar millores.

Els beneficis del PAPE s'ha demostrat en molts estudis que es troben entre 6 i 15 minuts (Seitz et al., 2014). Tot i que hi ha discrepàncies; altres mencionen que les primeres millores es donen a partir del quart minut (Whelan et al., 2014).



## 2. Justificació

Deixant de banda tot el que s'ha mencionat, dins del nostre coneixement sembla ser que hi ha una carència rellevant en l'evidència pel que fa el Crossfit. Fent una recerca d'informació mitjançant buscadors, hem trobat diferents revisions sistemàtiques que ens expliquen els principals factors de risc del Crossfit, la prevalença de lesió, dietes efectives en la pràctica esportiva... Tot i ser un esport en creixement, s'ha estat estudiant i augmentant el coneixement amb el pas dels anys.

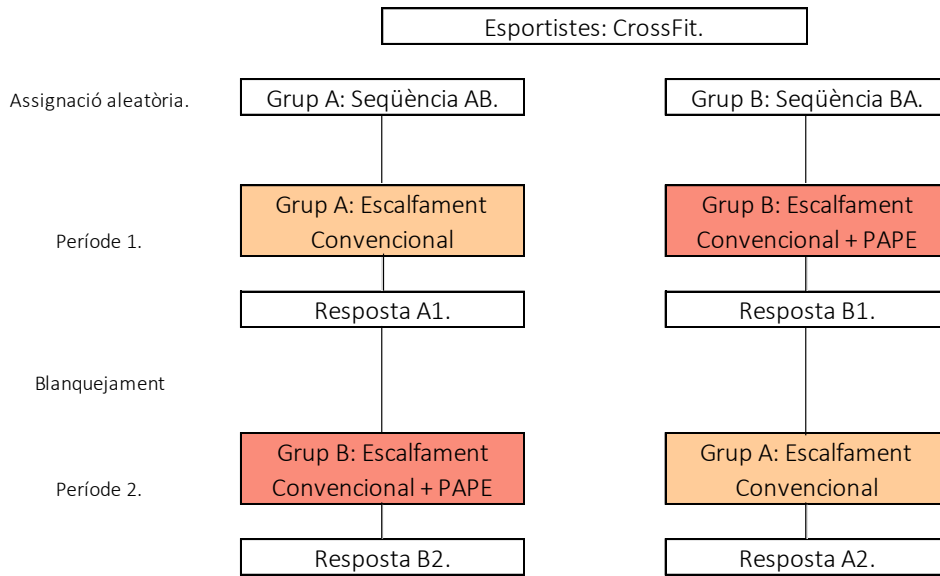
Altrament, l'escalfament Post Activation Performance Enhancement (PAPE) s'ha estudiat en varies disciplines esportives i exercicis específics. S'estableix una relació positiva al aplicar un escalfament d'aquesta tipologia, per exemple, en natació (Đurović et al., 2022). També s'ha vist millores en exercicis específics com podria ser el bench press o el back squat (Finlay et al., 2022).

Inclús, es coneix que després d'executar un exercici fonamental, es troba una relació positiva posterior a una activitat. Per exemple, realitzar unes repeticions de bench press i posteriorment trobar un augment de la força de llançament en jugadores de vòlei (Krzysztofik et al., 2021)

Es troben millores notòries en estudis, però s'ha vist que en atletes amateurs de CrossFit, no s'ha estudiat si el protocol d'escalfament PAPE pot provocar beneficis.

Per aquesta mateix raó, amb aquest treball de fi de grau es presenta un primer apropament a l'estudi amb l'objectiu de valorar si l'escalfament PAPE provoca beneficis en el rendiment respecte l'escalfament convencional en Crossfit.

L'aplicació pràctica de l'estudi és el possible ús en competicions de la disciplina. És a dir, en funció dels resultats que obtinguem en l'estudi, podríem utilitzar l'escalfament PAPE per augmentar el nostre rendiment en el WOD posterior en competició.



**Figura 1:** Esbós del disseny creuat de l'estudi que es proposa.

### 3. Hipòtesi i objectius.

#### 3.1 Hipòtesi

##### Hipòtesi inicial:

L'escalfament Post – Activation Performance Enhancement millora el rendiment del salt i la força respecte l'escalfament convencional en atletes amateurs de Crossfit.

##### Hipòtesi nul·la:

L'escalfament Post – Activation Performance Enhancement no provoca millores en el rendiment del salt i la força respecte l'escalfament convencional en atletes amateurs de Crossfit.

##### Hipòtesis alternatives:

L'escalfament Post – Activation Performance Enhancement provoca beneficis en el salt però no en la força respecte l'escalfament convencional en atletes amateurs de Crossfit.

L'escalfament Post-Activation Performance Enhancement comporta beneficis en la força però no en el salt respecte l'escalfament convencional en Crossfit.

### **3.2 Objectius.**

#### **Objectiu principal:**

1. Valorar les millores condicionals de l'escalfament convencional respecte l'escalfament Post-Activation Performance Enhancement en Crossfit.

#### **Objectius secundaris:**

1. Comprovar si l'escalfament Post Activation Performance Enhancement provoca beneficis en el salt respecte l'escalfament convencional en esportistes que practiquen Crossfit.
2. Avaluar si l'escalfament Post Activation Performance Enhancement provoca beneficis en la força en esportistes que practiquen Crossfit.

## 4. Metodologia

### 4.1 Disseny de l'estudi

S'ha realitzat un estudi analític experimental longitudinal. Es tracta d'un estudi creuat que va estar confirmat i aprovat pel Comitè d'ètica de Tecnocampus. Es desenvolupa en el CrossFit Bétulo i en el CEM Badalona. Es van seguir els estàndards ètics de la Declaració de Helsinki (WMA, 2013), permetent a tots els participants poder abandonar l'estudi en qualsevol moment.

Comparem diferents tipus d'escalfament tenint en compte i seguint la guia d'STROBE. Es fa mitjançant un estudi de disseny creuat.

L'estudi s'ha realitzat amb un total de 18 participants, tot i que ens vam trobar amb 2 drop outs degut a una lesió severa (fractura de tibia i peroné) i a un altre degut per marxar a viure a l'estranger per feina.

#### Diagrama de flux de l'estudi:

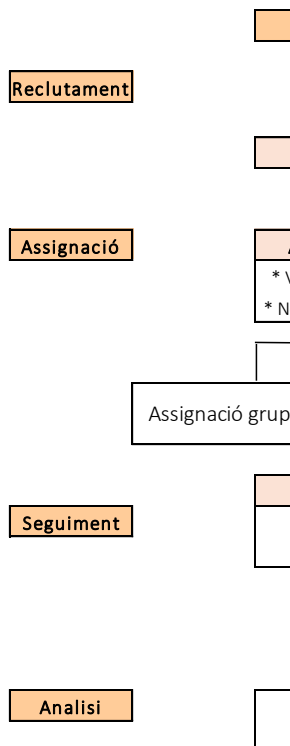


Figura 2: Diagrama de flux de l'estudi realitzat.

## 4.2 Població i mostra

Es tracta d'un estudi de mostreig no probabilístic simple mitjançant la inclusió de voluntariats. Es va desenvolupar al Crossfit Betulo i al Club Esportiu Badalona (CEM Bdn). Les dades es van prendre per una estudiant de la Doble Titulació de Fisioteràpia i CAFE.

Els subjectes son esportistes de Crossfit dels llocs mencionats anteriorment que es van oferir com a voluntaris per participar en l'estudi. Prèviament a l'inici de la intervenció, els vam informar detalladament i varen haver de signar el document de consentiment informat.

Es va demanar que expliquessin l'historial mèdic i les lesions prèvies que tinguessin per evitar futures lesions o provoqués una disminució del rendiment.

Es va reclutar a un total de 18 participants que practicaven Crossfit amateur (no professional) d'entre 18-50 anys. Tots els participants realitzaran les dues intervencions: escalfament convencional i escalfament convencional amb PAPE.

Posteriorment, es van valorar els criteris d'inclusió i aquells que els complien, van ser convidats a participar en l'estudi, proporcionant el consentiment informat.

A l'inici de l'estudi, es va demanar dades antropomètriques: edat, alçada i pes. D'altra banda, els anys que porten realitzant Crossfit, i la quantitat de dies que la practiquen. Finalment, quants anys han entrenat força.

Codi Subjectes.	Gènere.	Edat (anys)	Alçada(m)	Pes(kg)	IMC	Cama (cm)	Alçada a 90º (cm)	Lever (cm)	Experiència Crossfit (anys)	Experiència entrenament força (anys)	Entrenaments a la setmana (dies)
1001	Masculí.	42	1,83	89	26,58	98	85	134	10	30	5
1002	Masculí.	37	1,8	82	25,31	99	82	129	4	15	5
1003	Masculí.	29	1,86	94	27,17	109	89	136	3	3	5
1004	Masculí.	26	1,79	82	25,59	109	87	125	2	5	5
1005	Femení.	28	1,7	66	22,84	100	77	121	1	8	4
1006	Femení.	38	1,6	57	22,27	95	73	118	1,5	10	4
1007	Masculí.	44	1,8	76	23,46	100	82	133	6	22	3
1008	Masculí.	36	1,77	80	25,54	99	82	132	7	16	6
1009	Masculí.	46	1,7	80	27,68	100	78	121	4	20	6
1010	Masculí.	39	1,69	75,1	26,29	95	76	126	7	20	5
1011	Masculí.	32	1,73	77,2	25,79	103	78	132	2	10	3
1012	Femení.	27	1,61	71	27,39	97	77	124	1	10	5
1012	Femení.	32	1,58	60	24,03	96	72	125	2	10	3

1014	Masculí.	35	1,72	77	26,03	96	82	135	3	15	5
1015	Masculí.	27	1,87	87	24,88	107	85	134	1	5	4
1016	Masculí.	24	1,71	80	27,36	93	73	130	5	5	5
1017	Femení.	36	1,63	68	25,59	97	78	126	4	10	5
1018	Masculí.	43	1,8	86	26,54	100	89	128	5	20	5

**Taula 1:** Dades antropomètriques inicials que es va demanar als subjectes prèviament a la intervenció.

	<b>Total. (Mean ± SD)</b>
<b>Gènere (femení/masculí).</b>	13 masculí. 5 femení.
<b>Edat (anys).</b>	34,5 ± 6,75
<b>Alçada (m).</b>	1,733 ± 0,0888
<b>Massa corporal (kg).</b>	77,072 ± 9,769
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>).</b>	25,57 ± 1,57
<b>Anys experiència en el Crossfit. (anys).</b>	3,80 ± 2,50
<b>Anys d'experiència entrenament de Força (anys).</b>	13 ± 7,259
<b>Entrenaments de Crossfit a la setmana (dies).</b>	4,61 ± 0,916

**Taula 2:** Mitjana i desviació estàndard de la Taula 1 elaborada amb Microsoft Excel.

### 4.3 Càlcul de la mostra

Es va utilitzar un càlcul de la mostra basat en la potència mitjançant el G\*Power tenint en compte els centímetres com a principal variable. De manera prèvia al càlcul, es va assumir un poder estadístic del 80% i a un nivell de significança del 0,05.

Es té en compte que la possibilitat de mostra no ha estat possible, ja que eren un total de 64 subjectes. S'agafa com a mostra l'estudi (Martínez-Gómez Pedro L.; Moral-González Susana; Lucia Alejandro; Barranco-Gil David, 2021) per tal de desenvolupar-ho de manera similar.

### 4.4 Criteris d'inclusió i exclusió

Acord als criteris d'inclusió es van reclutar subjectes que (1) practiquen Crossfit amb experiència mínima d'un any, (2) d'entre 18 i 50 anys, (3) que han realitzat entrenament de força almenys un any, (4) practiquen 3 dies a la setmana Crossfit i (5) ho fan en el centre Crossfit Bétulo i CEM Badalona.

Amb aquest any entenem que l'adaptació anatòmica i la tècnica dels exercicis està dominada. Al tenir-la dominada, tenen el coneixement per poder realitzar una repetició màxima sense dificultat.

Es van excloure els subjectes que (1) van patir una lesió que impedis la realització de les proves el dia de l'avaluació, (2) no estiguessin d'acord en la participació de totes les proves i (3) no tenien un consentiment informat signat.

#### 4.5 Assignació dels individus als grups de l'estudi.

L'estudi va ser cegat, ja que, els subjectes no van saber en cap moment el tipus l'escalfament que estaven realitzant. Tot i saber que estaven realitzant un escalfament específic, no tenien coneixement dels efectes que podien produir. Únicament l'autora de la intervenció sabia la intervenció que estaven realitzant.

Es va fer una assignació aleatòria mitjançant el Microsoft Excel.

#### 4.6 Variables de l'estudi.

En aquest estudi, per aconseguir el nostre objectiu prèviament esmentat, s'ha analitzat el salt i el perfil de força- velocitat.

##### 4.6.1 My Jump Lab.

Per a la mesura i comprovar si hi ha beneficis, es va valorar amb l'aplicació My Jump Lab (*Carlos Balsalobre - Fernández, 2015*). Es va fer amb un Iphone 14 (*Apple, versió 4.2.1*) i l'ajuda d'un trípode per una imatge més precisa. Es tracta d'una càmera de 1080p HD a 120 fps.

És una aplicació validada que es pot descarregar en Apple i Android. Es poden mesurar moltes tests: qüestionaris Wellness, el salt, velocitat, biomecànica de la marxa...

Amb aquesta s'han recollit les diferents variables que estudiarem per poder analitzar-les.

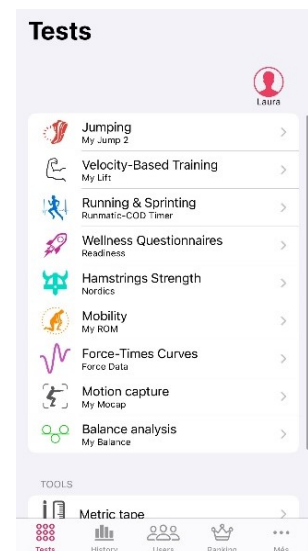


Figura 3: Aplicació My Jump Lab.

### 4.6.1.1 Salt Abalakov.

L'objectiu del Test de Salt Abalakov (Abalakov et al., 1938) és obtenir informació de la força explosiva d'extremitats inferiors amb braços lliures. (Vittori et al., 1990). El subjecte es col·loca de manera frontal i s'inicia amb una flexió de maluc i genolls. Amb l'ajuda dels braços, es realitza un salt màxim cercant l'extensió de genoll, maluc i braços.

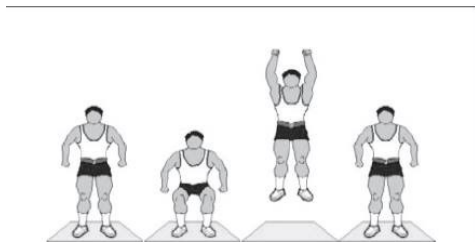


Figura 4: Animació Salt Abalakov.

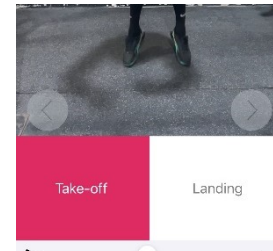


Figura 5: Aplicació My Jump Lab Salt Abalakov.

Per analitzar-lo, l'autora es va col·locar a 1,5m del subjecte de manera frontal. Realitzant zoom a les extremitats inferiors, havia de fer una gravació del salt. Posteriorment havien de detectar el moment d'enlairament i el d'aterratge.

Els subjectes es van col·locar en una paret llisa sense cap material de fons que pogués perjudicar la imatge. Amb l'ajuda dels braços, s'utilitza la seva inèrcia per realitzar el salt. Van realitzar dues repeticions per evitar errors de càlcul. Si els resultats eren molt variables, es realitzava una tercera repetició.

Les variables que es van recollir amb el salt Abalakov van ser les següents:

Variables de seguiment:	
Acrònim	Descripció
<b>Salt (cm) – Salt Abalakov (Apple, versió 4.2.1) (Abalakov et al., 1938).</b>	
<b>Aplicació Iphone : My jump Lab. (Balsalobre-Fernández et al., 2015)</b>	
Alçada màxima (cm)	Punt més alt del salt, en centímetres, des de les falanges distals dels dits del peu al terra.
Temps a l'aire (s)	Temps que es manté l'esportista sense contacte amb el terra.
Força (N)	Màxima força aplicable en el mínim temps possible.
Força relativa (N/kg)	Relació de la força màxima executada respecte el pes corporal.
Potència (W)	Força mitja produïda durant tot el salt.
Potència relativa (W)	Força produïda durant el salt en relació al pes corporal.
Velocitat mitjana (m/s)	Relació entre la distància que recorre amb el temps que triga en fer-ho.
Take-off velocity (m/s)	Velocitat en el moment de l'enlairament.
Impuls (kg*m/s)	Força aplicada respecte el pes corporal per enlairar-se.
Temps de vol (ms)	Instant de vol en la que l'esportista s'enlaira fins que torna a contactar amb el terra.

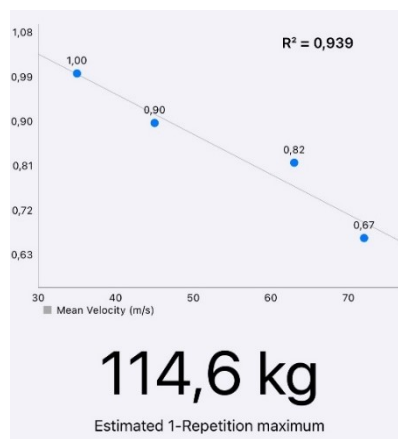


**Taula 3:** Descripció de les variables estudiades en el Salt Abalakov.

### 4.6.1.2 Perfil de Força.

Es va valorar el perfil de força i velocitat. L'objectiu d'aquest era executar l'exercici especificat en la màxima velocitat.

El subjecte es va situar davant del rack i es va col·locar la barra sobre les espatlles. L'exercici que es va utilitzar com a test va ser el Front Squat. Per a una bona tècnica, la barra ha d'estar amb contacte a les espatlles i mantenir la barra amb la flexió del colze. A partir d'aquí, el subjecte ha d'agafar aire i realitzar la màxima flexió de genoll possible, fent la mínima flexió de tronc. Un cop arriba a l'esquat profund, ha de fer l'extensió de genoll i tronc. Va realitzar 4 repeticions de Front Esquat. En cada repetició es va augmentar el percentatge de pes. La primera es va fer amb el 40% de la RM, la segona amb el 50%, la tercera amb el 70% i la última amb el 80%.



**Figura 6:** Exemplificació de la estimació de la RM mitjançant el perfil de Força – Velocitat amb l'aplicació de My Jump Lab

Els subjectes van buscar la màxima profunditat, és a dir, trencant el paral·lel. En el moment que es trobaven en la màxima flexió de genoll havien de mantenir tres segons per eliminar la força elàstica. Després havien de realitzar l'extensió de genoll i maluc amb la màxima velocitat sense perdre la postura i la tècnica d'execució.



**Figura 7:**

Front Esquat en màxima profunditat.

Variables de seguiment:	
Acrònim	Descripció
<b>Força (load – velocity profile) RM.</b>	
<b>Aplicació Iphone: My Jump Lab.</b> (Balsalobre-Fernández et al., 2018)	
Average Velocity (m/s)	Velocitat mitjana amb la que s'aixequen els quilograms.

**Taula 4:** Descripció de les variables estudiades en el perfil de força i velocitat.



**Figura 8:** Representació gràfica de l'enregistrament.

#### 4.7 Recollida de dades.

Durant la intervenció, l'estudiant i autora de la intervenció de la Doble Titulació de Fisioteràpia i CAFE ha desenvolupat les valoracions. Les intervencions van ser cegades, és a dir, els subjectes no tenien coneixement del tipus d'escalfament que estaven practicant per evitar biaix.

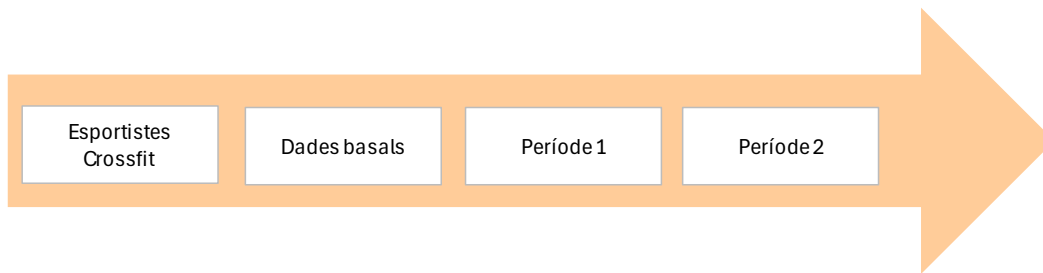
En una primera instància, es va utilitzar un qüestionari per tal de seleccionar els subjectes voluntaris i poder aplicar els criteris d'inclusió.

A partir d'aquesta selecció, es va fer un simulacre de la prova perquè els esportistes tinguessin el coneixement de l'execució correcta del test, ja que, mai havien realitzat exercicis amb un percentatge alt de la RM (repetició màxima) a la màxima velocitat.

Al ser un estudi creuat, es van dividir l'estudi en tres espais temporals. En primer lloc, els subjectes van ser avaluats per prendre les dades basals, agafant un dia que els participants tenien un escalfament per el Front Esquat a la seva classe habitual de Crossfit. Les dades que es van prendre, es recollien en l'Excel per tal de facilitar l'anàlisi i lectura.

En segon lloc, es va realitzar la primera intervenció. El grup convencional va realitzar l'escalfament i posteriorment la valoració. En canvi, el segon grup, al finalitzar l'escalfament convencional, es va aplicar el PAPE.

Finalment, la segona intervenció va ser el creuament. El grup convencional va realitzar de nou l'escalfament afegint el PAPE, en canvi, el que ja havia realitzat el PAPE, només realitzen el convencional.



**Figura 9:** Seqüència de la presa de dades dels esportistes durant les intervencions.

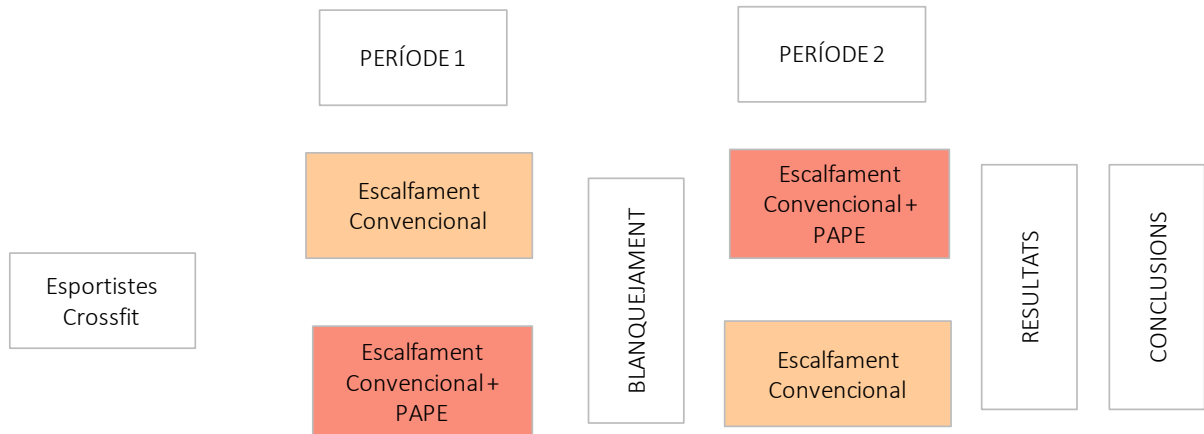
#### **4.8 Descripció dels grups d'estudi i proposta d'intervenció.**

Es desenvolupa un assaig clínic creuat amb 18 esportistes que practiquen CrossFit. La intervenció es basa en la mesura de les millores condicionals de rendiment en Crossfitters. Les variables que es van estudiar són: el salt i la força.

Es va facilitar un protocol 48 hores prèvies a la realització de la intervenció:

- NO prendre cap antiinflamatori el dia de la pràctica.
- NO prendre cap substància que provoqui millores en el rendiment.
- Descansar i dormir 7-8 hores i hidratar-se.

Es van dividir en dos grups de manera aleatòria: grup A i grup B. Ambdós grups van realitzar l'escalfament convencional, però el grup B, a més a més, va fer el protocol PAPE. Al cap d'un mes, al finalitzar l'escalfament convencional, el grup A realitza el protocol.



**Figura 10:** Exemplificació d'un quadre resum de la presa de dades de l'estudi.

Per avaluar el salt, vam utilitzar el test Abalakov. D'altra banda, per la força vam desenvolupar un perfil de força – velocitat amb Front Esquat. L'anàlisi es va dur a terme amb l'aplicació My Jump Lab (*Apple, versió 4.2.1*) (Balsalobre-Fernández et al., 2018)

La presa de dades es va realitzar els dilluns, ja que, la càrrega d'entrenament és més baixa degut a que el cap de setmana, la majoria de subjectes, descansen.

Per poder fer l'anàlisi inicial i tenir les dades prèvies a l'aplicació del protocol, s'han agafat els valors basals la setmana 1. Es realitza l'escalfament que hi ha programada a la sessió de Crossfit i es s'avaluen mitjançant el test de salt (Abalakov) i de força amb l'exercici Front Esquat (Perfil Força – Velocitat).

La segona setmana, es divideix el grup en dos, diferenciats entre aquells que practican l'escalfament convencional i els que posteriorment, faran el PAPE.

El protocol d'escalfament convencional serà:

**Mobilitat amb la pica d'extremitat superior:**

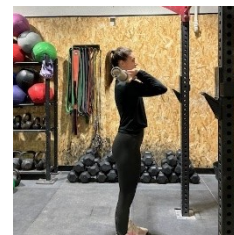
El subjecte es col·loca la pica per sobre del cap en flexió d'espatlles a 180º i extensió màxima de colze. A partir d'aquesta posició, realitzar circumduccions.



**Figura 11:**

Colzes en extensió. S'agafa la pica pels dos extrems i es realitza la flexió extensió de glenohumeral.

En segon lloc, posar la barra a la zona anterior de les espatlles (simulant la posició de la barra de front squat). Amb el colze en flexió, realitzar la flexió de la glenohumeral.



**Figura 12:** Barra recolzada en les espatlles. Glenohumeral, colze i canell en flexió. Realitzar la flexió de glenohumeral.

**Mobilitat de maluc.**

En sedestació al terra, flexionar els genolls a 90º. Recolzar els peus al terra sempre, en cap cas s'han d'aixecar. A partir d'aquí realitzar la rotació interna i externa fent 90º-90º.



**Figura 13:** Realitzar rotacions de maluc de 90º a 90º, sense deixar de contactar els peus amb el terra.

Home	Dona
10 air squat.	10 air squat.
35 DU.	35 DU.
30 overhead squat amb barra (20 kg).	30 overhead squat amb barra (15 kg).
20 air squat.	20 air squat.
35 DU.	35 DU.
20 overhead squat amb 30 kg.	20 overhead squat amb 25 kg.
30 air squat.	30 air squat.
35 DU.	35 DU.
10 overhead squat amb 40 kg.	10 overhead squat amb 35 kg.

**Taula 5:** Escalfament convencional utilitzat en la intervenció. Es divideix en funció del gènere, degut als kg proposats.

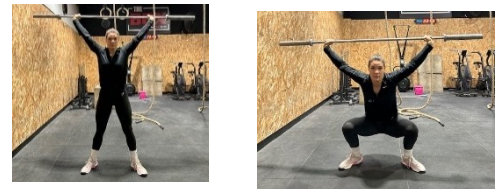
Es va tenir en compte la tècnica de l'execució dels exercicis. Per assegurar que tots els subjectes van realitzar l'exercici correctament es va explicar amb detall.

**Air squat:** Esquat profunda, és a dir, cercant la màxima profunditat pes corporal. Els braços s'alcen en flexió de 90º per ajudar a mantenir l'equilibri.



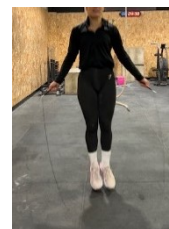
**Figura 14:** Seqüència del Air squat. Els subjectes es posa amb els peus a l'alçada de les espatlles. Realitza una flexió de genolls i s'exten.

**Overhead squat:** Esquat profunda amb braços en flexió de 180 mantenint la barra per sobre del cap. La barra s'agafa amb adherència d'Snatch, és a dir, obert. A partir d'aquesta posició, realitzar l'esquat.



**Figura 15:** Seqüència execució Overhead Squat. Flexió de genolls amb la pica agafada amb les extremitats superiors. Mantenir els colzes estesos durant tot el rang de moviment.

**Doble under:** Salts dobles amb la corda. Per cada salt, la corda ha de passar dos cops.



**Figura 16:** Seqüència execució Doble Under. El subjecte ha de realitzar un salt amb dos passades de la corda.

Al finalitzar, el grup convencional va realitzar els test:

- Salt Abalakov.
- Perfil F-V Front Esquat.

En canvi, el grup PAPE va seguir amb l'escalfament:

- Back Esquat:
  - 5 repeticions al 60%.
  - 3 repeticions al 80%.
  - 1 repetició al 90%.

Al finalitzar, es van esperar 6 minuts per l'efecte PAPE i es va dur a terme els test.

- Salt Abalakov.
- Perfil F-V Front Esquat.

#### **4.9 Anàlisi estadístic.**

Tenint en compte una mostra aproximada de 18 subjectes per grup, s'haurà d'avaluar la normalitat de les dades per identificar quina serà la millor manera d'avaluar les dades: paramètrica o no-paramètrica.

A partir d'obtenir aquesta informació es cercarà:

1. Normalitat de les dades: Es fa ús de la Shapiro-Wilk.
2. Homogeneïtat de la variància: Ens ajudà a determinar si les variàncies dels grups son similars.
3. S'ha de tenir en compte estudis previs per una mostra inferior de 30 subjectes.

S'ha obtingut que el p valor, en totes les variables el p valor era superior a 0,05, pel que les dades són no-paramètriques.

Per a comparar el PRE amb el POST s'utilitza una prova per a mostres aparellades, en aquest cas, la W de Wilcoxon. D'altra banda, per comparar els escalfaments convencional i PAPE, s'ha utilitzat una prova per a mostres independents, fent ús de la T Student. Es van aplicar els coeficients de correlació de Pearson per analitzar possibles relacions entre les mesures.

Els programes que s'han utilitzat son el Microsoft Excel, per al tractament i organització de les dades i el Jamovi per a l'anàlisi estadístic.

#### **4.10 Consideracions ètiques.**

Per a dur a terme l'estudi, es van tenir en compte les dades personals i la seva confidencialitat. Tots els participants seran informats per la investigadora principal de forma oral i escrita mitjançant un full, els quals, hauran de signar. Si accepten participar en l'estudi, hauran de signar el consentiment informat. L'estudi ha estat aprovat pel Comitè d'ètica Tecnocampus.

Durant l'estudi s'ha respectat el Codi Deontològic de la Professió d'Activitat Física i Esport. En l'estudi es mantindrà la confidencialitat de les dades personals dels participants, d'acord amb la Llei Orgànica 3/2018, del 5 de desembre, de la protecció de dades personals i la garantia dels drets digitals i el Reglament general (UE) 2016/679, de 27 d'abril de 2016, de protecció de

dades (RGPD). D'altra banda, al reconèixer a la Constitució espanyola el dret de la pròpia imatge, i estar regulat per la Llei Orgànica 1/1982, de 5 de maig, de protecció civil del dret a l'honor, a la intimitat personal i familiar, i a la pròpia imatge. Es sol·licitarà permís als subjectes el consentiment per poder realitzar gravacions relacionades amb l'estudi amb els que apareguin clarament identificables i, únicament, per la difusió del mateix.

Totes les dades registrades únicament es guardaran en Carpetes Drive de compte Tecnocampus i només tindrà accés la investigadora principal.

## 5. Resultats

Pel que fa l'anàlisi de dades, s'ha utilitzat el Shapiro Wilk per analitzar la normalitat de les dades. En aquest cas, les dades son no normals, és a dir no paramètriques. El valor de p era superior a 0,05 en tots els aspectes.

Al no ser paramètriques, s'ha fet ús del test W de Wilcoxon.

### SALT ABALAKOV:

#### Resultats PRE vs Escalfament Convencional

	PRE	CONV	Dif. mitjanes	EE de la dif.	P valor
<b>Alçada (cm)</b>	38,43	40,32	2.200	0.559	0.009
<b>Força (N)</b>	2.312,7	2.363,925	59.100	43.716	0.060
<b>Força relativa (N/kg)</b>	29,78	30,41	0.849	0.583	0.051
<b>Potència (W)</b>	3.257,3	3697,43	159.51	102.643	0.108
<b>Potència relativa (W/kg)</b>	41,51	43,36	2.00	1.155	0.069
<b>Velocitat mitjana (m/s)</b>	1,4	1,33	0.0450	0.009	0.006
<b>Take – off velocity</b>	2,72	2,79	0.0900	0.01881	0.006
<b>Impuls (kg*m/s)</b>	201,7	215,13	8.000	7.74795	0.003
<b>Temps de vol</b>	555,43	569,5	18.499	3.85624	0.005



**Taula 6:** Resultats anàlisi estadístic del Salt Abalakov PRE amb POST Convencional. S'observa el p valor de cada variable analitzada.

Entre l'escalfament previ que es va realitzar i l'escalfament convencional proposat hi ha diferències estadísticament significatives en l'alçada ( $p=0,009$ ), la velocitat mitjana ( $p=0,006$ ), la velocitat d'enlairament ( $p=0,006$ ), l'impuls ( $p=0,003$ ) i el temps de vol ( $p=0,005$ ). Pel que fa la força i la potència, no trobem diferències significatives.

**Resultats pre vs Escalfament PAPE:**

	PRE	PAPE	Dif. mitjanes	EE de la dif.	P valor
<b>Alçada (cm)</b>	38,43	42,19	3.800	0.568	< .001
<b>Força (N)</b>	2.312,7	2424,92	129.225	37.818	0.009
<b>Força relativa (N/kg)</b>	29,78	31,11	1.500	0.520	0.011
<b>Potència (W)</b>	3.257,3	3571,36	326.875	75.150	0.002
<b>Potència relativa (W/kg)</b>	41,51	45,36	4.075	0.966	0.003
<b>Velocitat mitjana (m/s)</b>	1,4	1,43	0.067	0.011	< .001
<b>Take – off velocity</b>	2,72	2,86	0.135	0.022	< .001
<b>Impuls (kg*m/s)</b>	201,7	220,87	12.7250	7.7568	0.001
<b>Temps de vol</b>	555,43	582,93	27.0000	4.4842	< .001

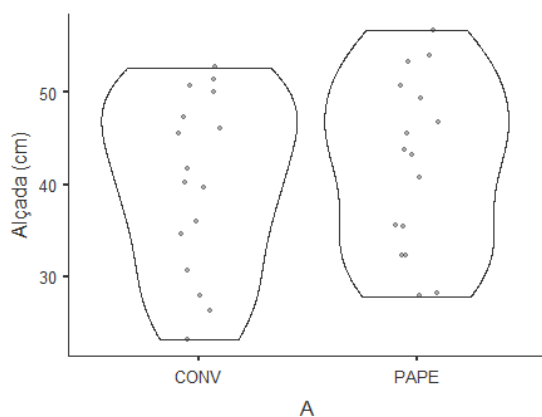
**Taula 7:** Resultat anàlisi estadístic de PRE amb l'escalfament PAPE. S'observa el p valor de cada variable.

Pel que fa l'escalfament previ que es realitza i l'escalfament PAPE, es troben diferències significatives en totes les variables: alçada ( $p=<0,001$ ), força ( $p=0,009$ ), potència ( $p=0,002$ ), impuls( $p=0,001$ ) i temps de vol ( $p=0,001$ ).

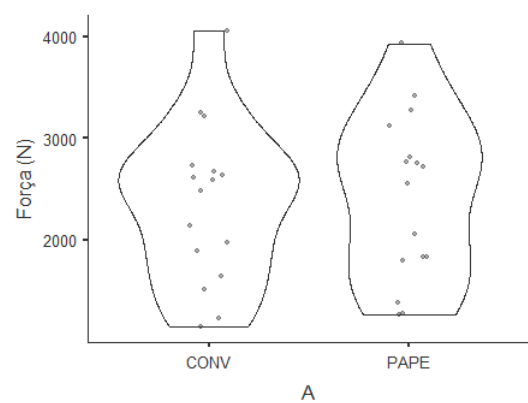
**Resultats Salt Abalakov Escalfament Convencional vs PAPE:**

	CONV	PAPE	Dif. mitjanes	EE de la dif.	P valor
<b>Alçada (cm)</b>	38,43	42,19	1.987	3.353	0.558
<b>Força (N)</b>	2.312,7	2.424,92	63.881	282.337	0.823
<b>Força relativa (N/kg)</b>	29,78	31,11	0.743	2.533	0.771
<b>Potència (W)</b>	3.257,3	3.571,36	26.922	505.154	0.958
<b>Potència relativa (W/kg)</b>	41,51	45,36	2.106	5.021	0.678
<b>Velocitat mitjana (m/s)</b>	1,4	1,43	0.036	0.059	0.547
<b>Take – off velocity</b>	2,72	2,86	0.072	0.119	0.547
<b>Impuls (kg*m/s)</b>	201,7	220,87	13.718	21.620	0.531
<b>Temps de vol</b>	555,43	582,93	14.500	24.245	0.554

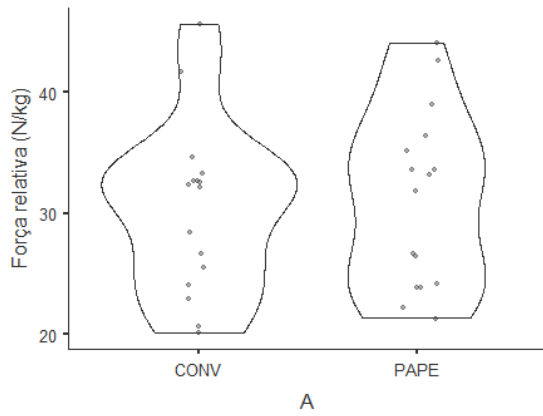
**Taula 8:** S'observen els resultats en p valor i en desviació estàndard del salt abalakov entre l'escalfament convencional i el PAPE.



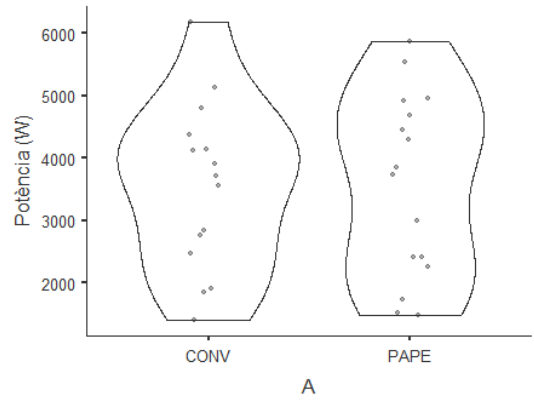
**Figura 18:** Gràfic en violí alçada (cm) entre Post Convencional i Post PAPE.



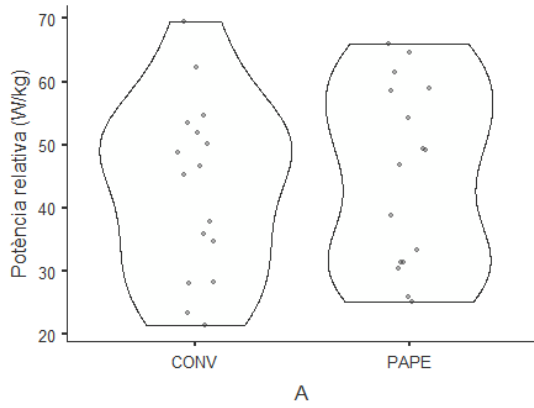
**Figura 19:** Gràfic en violí de la força (N) entre Post Convencional i PAPE.



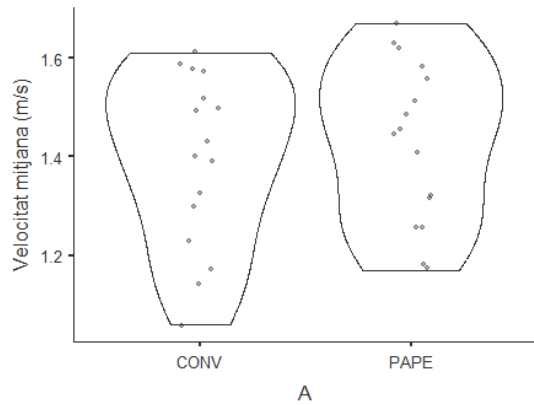
**Figura 20:** Gràfic en violí de la Força Relativa entre Post Convencional i PAPE.



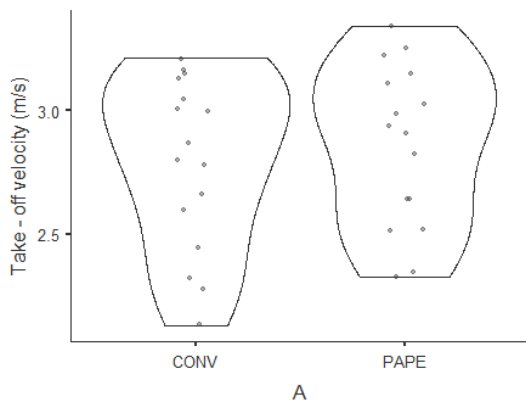
**Figura 21:** Gràfic en violí de la potència (W) entre Post Convencional i PAPE.



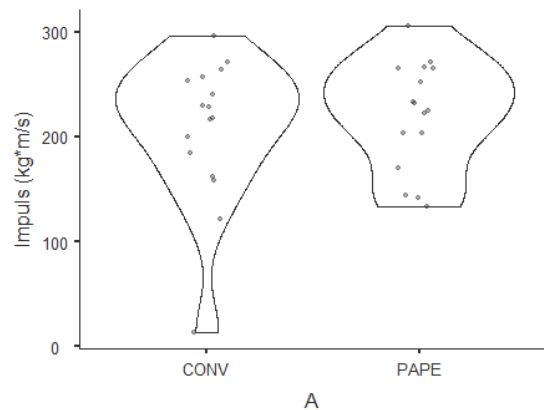
**Figura 22:** Gràfic en violí de la Potència relativa (W/kg) entre Post Convencional i PAPE.



**Figura 23:** Gràfic en violí de la Velocitat (m/s) entre Post Convencional i PAPE.



**Figura 24:** Gràfic en violí de l'enlairament (m/s) entre Post convencional i PAPE.



**Figura 25:** Gràfic en violí de l'impuls (m/s) entre Post Convencional i PAPE.

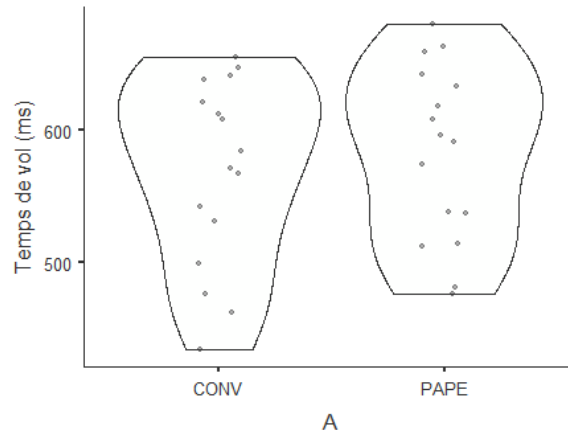


Figura 26: Gràfic en violí del temps de vol entre Post Convencional i PAPE.

**PERFIL FORÇA – VELOCITAT**

**Resultats Perfil Força Velocitat PRE – Convencional:**

	PRE	CONV	Dif. mitjanes	EE de la dif.	P valor
<b>RM (kg)</b>	103,83	99,58	6.900	4.703	0.209
<b>Average velocity 1 (m/s)</b>	0,89	0,88	0.021	0.030	0.660
<b>Average velocity 2 (m/s)</b>	0,81	0,75	0.080	0.035	0.112
<b>Average velocity 3 (m/s)</b>	0,60	0,58	0.031	0.042	0.712
<b>Average velocity 4 (m/s)</b>	0,45	0,40	0.065	0.043	0.109

Taula 9: S’observen els resultats del perfil de força velocitat. No hi ha cap variable en que el p valor estigui per sota del 0,05.

Analitzant les velocitats i la RM, no hi ha diferències estadísticament significatives entre l’escalfament PRE i el convencional.

### Resultats Perfil Força Velocitat PRE – PAPE:

	PRE	PAPE	Dif. mitjanes	EE de la dif.	P valor
<b>RM (kg)</b>	103,83	105,487	2.335	5.237	0.562
<b>Average velocity 1 (m/s)</b>	0,89	0,896	0.010	0.0283	0.717
<b>Average velocity 2 (m/s)</b>	0,81	0,793	0.029	0.027	0.438
<b>Average velocity 3 (m/s)</b>	0,60	0,649	0.032	0.035	0.551
<b>Average velocity 4 (m/s)</b>	0,45	0,529	0.065	0.043	0.109

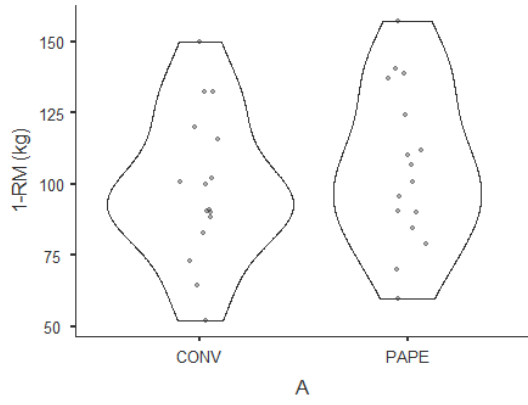
**Taula 10:** Diferències entre l'escalfament previ i el PAPE en el perfil de força i velocitat.

No hi ha diferències estadísticament significatives pel que fa el PRE amb l'escalfament Post Activation Performance Enhancement.

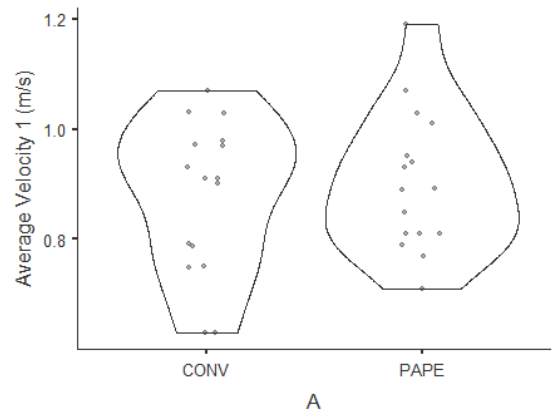
### Resultats Perfil Força – Velocitat Escalfament Convencional vs PAPE:

	CONV	PAPE	Dif. mitjanes	EE de la dif.	P valor
<b>RM (kg)</b>	99,58	105,487	6.930	9.505	0.472
<b>Average velocity 1 (m/s)</b>	0,88	0,897	0.026	0.046	0.590
<b>Average velocity 2 (m/s)</b>	0,75	0,793	0.051	0.039	0.209
<b>Average velocity 3 (m/s)</b>	0,58	0,649	0.062	0.036	0.096
<b>Average velocity 4 (m/s)</b>	0,40	0,529	0.114	0.045	0.015

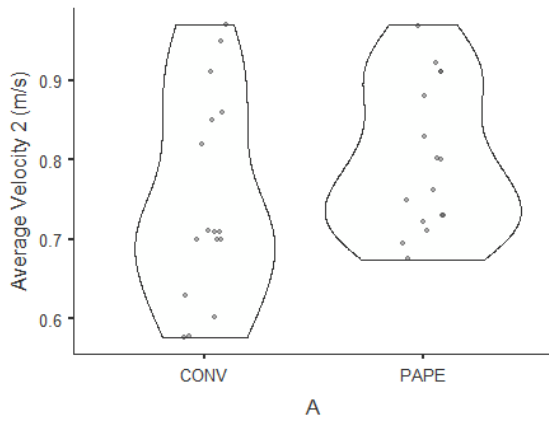
**Taula 11:** Anàlisi estadístic del perfil de força i velocitat entre l'escalfament convencional i PAPE.



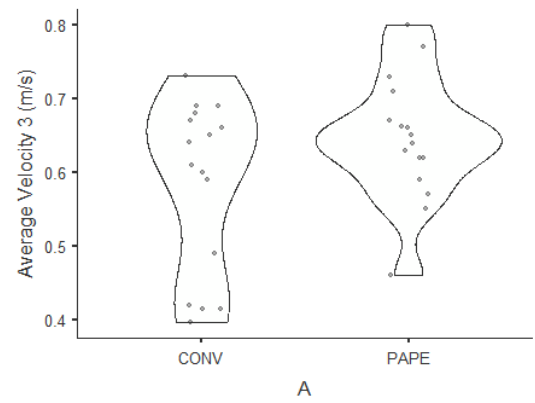
**Figura 27:** Gràfic en violí de la RM(kg) trobada de l'escalfament convencional i PAPE.



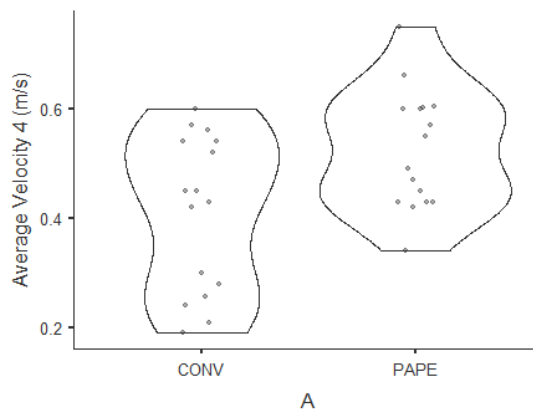
**Figura 28:** Gràfic en violí de la velocitat en la que aixequen el 40%.



**Figura 29:** Gràfic en violí de la velocitat en la que es fa l'aixecament del 50%



**Figura 30:** Gràfic en violí de la velocitat en la que aixequen el 70%.



**Figura 31:** Gràfic en violí on es representa la velocitat aixecada al 80%.

## 6. Discussió

L'objectiu principal de l'estudi va ser verificar les respostes que produïa l'escalfament PAPE respecte l'escalfament convencional en Crossfit. Els nostres resultats indiquen que no hi ha diferències estadísticament significatives pel que fa l'escalfament PAPE respecte el convencional.

El Crossfit és una disciplina que inclou diferents salts a l'hora d'executar els exercicis. Per exemple, box jumps, burpees to target, saltar per iniciar a trepar la corda... La importància de dominar el moviment és crucial i realitzar-ho eficientment és vital per aprofitar el rendiment. En l'estudi realitzat, pel que fa el salt vertical, en cap de les variables estudiades hi ha un resultat estadísticament significatiu, tot i que en l'escalfament PAPE es veuen algunes millores en els resultats de les proves respecte el convencional.

Molts estudis descriuen una millora en l'alçada del salt vertical en l'escalfament PAPE (Norrbrand et al., 2010), (Vargas et al., 2021), (Mitchell et al., 2011). En l'estudi realitzat, es troben millores en el salt posteriorment a una realització d'una repetició al 90%, però no és estadísticament significatiu.

Arabatzi et al., (2014) varen demostrar que els resultats van ser molt diferents en relació a efecte-grup i edat. No queda clar que realitzar 3x3 segons de contracció màxima voluntària en esquat millorin el salt vertical. Seguint la mateixa línia dels nostres resultats, Villalon-Gasch et al., (2022) afirma haver trobat diferències significatives entre ambdós escalfaments (convencional i PAPE), no obstant això, les esportistes són jugadores professionals de voleibol. Això podria explicar els nostres resultats, ja que, tot i que podem observar que hi ha diferències, no són significatives i podria ser degut al fet que els nostres esportistes són amateurs. En altres esports com el futbol, corrobora resultats similars al realitzat, ja que, no troben diferències estadísticament significatives en el salt vertical (Till & Cooke, 2009).

És cert que alguns autors evidencien que aquells subjectes que estan més entrenats i/o són professionals, l'escalfament PAPE té més incidència, provocant una millora més evident (Sañudo et al., 2020a i Sañudo et al., 2020b). Picón-Martínez et al., (2019) menciona que la força de potenciació, és a dir, l'efecte PAPE, està determinat pel nivell de força i experiència de l'esportista. A causa de la dificultat d'accés a persones altament entrenades, podria haver limitat el poder estadístic afectant directament als resultats (Guo et al., 2022). És per aquesta mateixa raó, que possiblement els resultats trobats en aquest estudi no tinguin la significança desitjada. És probable que realitzant el mateix estudi amb atletes professional, s'haguessin trobat majors diferències.

D'altra banda, fent referència als minuts de descans entre escalfament i la valoració, es va protocol·litzar l'estudi segons Brink et al., (2022) aplicant un descans de 6 minuts. També s'ha vist realitzar-ho als 4 minuts (Till & Cooke, 2009). En aquest, no troben diferències significatives, i possiblement, una recuperació de 4 minuts podria provocar una major fatiga muscular, impeding així, una millora. En canvi, en articles com Villalon-Gasch et al., (2022) i Ulrich & Parstorfer (2017) especifiquen que ho van fer mitjançant 8 minuts, i en aquests, el salt vertical millora. Així doncs, si s'apliqués un major temps posterior a l'escalfament, plausiblement els subjectes tinguin un major temps de recuperació muscular i fatiga, pel que els resultats podrien millorar.

L'estudi realitzat s'ha fet mitjançant una metodologia d'estudi creuat, provocant que tots els subjectes realitzin ambdós protocols: convencional i convencional + PAPE. A més a més, s'ha fet la presa de dades just als minuts posteriors establerts prèviament esmentats. En altres estudis trobats, es realitza varies intervencions en el partit (o competició) (Villalon-Gasch et al., 2022), en canvi, en l'estudi realitzat amb Crossfit es valorava en classes de gimnàs. És possible que els subjectes, en competicions i/o partits, tinguin una motivació extra, i augmenti i pugui provocar millores en les valoracions, pel que en el nostre estudi no hi ha existeix aquest factor. Seria important, poder analitzar-ho en una competició de Crossfit, ja que, possiblement pugui haver aquest factor i així millorar en més mesura els resultats obtinguts.

Pel que fa el protocol estandarditzat PAPE, es veuen estudis, aplicant 3 repeticions d'alta exigència de l'exercici back squat (90%)(Guo et al., 2022), mentre que en aquest, es realitza una única. Ambdós amb la finalitat de millor el salt vertical, tot i que analitzat amb diferents test. D'una banda, en l'estudi realitzat s'utilitza el Salt Abalakov, mentre que en Guo et., al 2022 ho fan mitjançant CMJ.

Weineck et al., (2005) afirma que qualsevol millora de força específica va associada a un augment de la velocitat del moviment. Així doncs, un aixecament amb el mateix percentatge a una velocitat més alta, confirmaria la millora de la intervenció. Els esportistes que practiquen Crossfit, en un perfil de força velocitat, tenen majoritàriament, degut a la tipologia d'entrenament, una tendència cap a la força, és a dir, moure més pes en menys velocitat. Així doncs, l'aplicabilitat del perfil de força i velocitat, en aquests esportistes, al demanar la màxima velocitat en la repetició, pot implicar errors.

Atenent a la metodologia aplicada en aquest estudi, és similar en altres com Fernando J. Naclerio Ayllón, (2005), fent ús de l'exercici back squat amb barra per trobar la RM. A més a més, ambdós avaluen la potència i velocitat aplicada en cada repetició.



Garbisu-Hualde A et al., (2023) realitza una valoració amb press banca. Conclou que l'aplicació d'una repetició al 93% de la RM provoca un augment de repeticions fins la fallada muscular i fent una última repetició en menys velocitat que la control. Per a la valoració, utilitzaven el 80% de la RM, trobant que retardaven l'arribada a la fallada muscular i a més a més, les últimes aixecades eren encara més lentes. En l'estudi plantejat en aquest projecte, és realitza una única repetició al 90% i no es troben diferències significatives en les velocitats. És cert que, l'aixecament al 80% posteriorment al protocol PAPE, si que augmenten les velocitats d'aixecament respecte el convencional. Així doncs, si l'escalfament PAPE provoca una millora en la quantitat i/o en la velocitat d'aixecament, podríem pensar en que si es fa ús d'aquest, ens permetria un augment de la càrrega per sessió, i així aconseguir objectius superiors.

Tot i així, no hi ha diferències significatives en la RM. Aquest fet ens ajudaria a plantejar la probabilitat de que el protocol d'escalfament PAPE hagi de ser superior al 90%. Inclús pensar si les quantitats de repeticions haurien de ser diferenciades en extremitats, és a dir, estudiar si l'extremitat inferior necessita més repeticions a un alt percentatge en referència a l'extremitat superior (com demostra Garbisu-Hualde et. al, (2023)).

Després de les referències d'altres estudis i el realitzat, es pot concloure que l'ús de l'efecte de l'escalfament PAPE en Crossfit s'ha d'abordar individualment i específicament.

## 7. Limitacions

Malgrat tot i planificar l'estudi amb antelació i protocol·litzar la seqüència, sempre poden haver imprevistos que poden fer que hagi de realitzar canvis. Durant l'estudi, la mostra calculada segons el software g\*Power era de 64 subjectes. D'altra banda, s'ha vist que en els estudis creuats, s'hauria d'anar realitzant intervencions fins trobar que aquesta és estadísticament significativa. Al no tenir els recursos físics ni temporals possibles, s'ha hagut d'efectuar amb una mostra inferior i prèviament establerta. És a dir, l'estudi s'ha fet a partir de tots els voluntaris i voluntàries que es van poder recol·lectar i estudiar per l'autora de l'estudi.

Respecte a l'execució de l'exercici, els usuaris no estaven acostumats en la realització de les repeticions submàximes amb una frenada de contracció de 3 segons en l'esquat profund aplicant una velocitat màxima. Això podria provocar que en el moment de la intervenció, no s'apliqués la màxima velocitat en totes les repeticions i impliqui una desviació en el resultat. Per evitar-ho, es va fer un dia previ de familiarització amb la prova. Tot i així, alguns subjectes havien de repetir la prova, ja que la velocitat de les últimes repeticions era més alta que les primeres. Això no pot passar, ja que, el percentatge de càrrega va en augment (la primera

repetició era al 50% i la última al 80%). Pel que indica, una mala execució en la primera repetició.

L'aplicació My Jump Lab utilitza la càmera per tal d'analitzar els test de força i el salt Abalakov. Al tractar amb una aplicació mòbil, hi ha hagut alguns errors de reconeixement dels subjectes. En el moment de fer les intervencions, s'ha trobat que la càmera no detectava puntualment alguns objectes, pel que marcava error en la realització de la prova. Amb un mateix subjecte, podia passar tres vegades en una mateixa sessió, així doncs s'havia de quedar un altre dia i repetir la intervenció per evitar malmetre els resultats.

Finalment, mencionar els abandonaments que s'han produït durant la intervenció de l'estudi. Un total de 2 persones han hagut d'abandonar degut a situacions externes a l'estudi. En primer lloc, un d'ells ha patit una fractura de la tibia i el peroné per un accident de moto. D'altra banda, un segon participant ha hagut d'abandonar per haver de marxar a viure durant uns mesos a Mèxic per feina, pel que no es va poder acabar la seva intervenció.

Tot i això, la mostra pot ser representativa per a la població en Crossfit degut a que hi ha millores en el salt i la força, però no suficients com per ser significatives.

## 8. Conclusions

Atenent els resultats obtinguts en l'estudi, s'observen millores notòries en l'escalfament PAPE respecte el convencional, però aquestes no són estadísticament significatives. Pel que fa el salt, s'observa un augment de l'alçada (cm), potència (W), força(N) i velocitat (m/s) amb l'escalfament PAPE respecte el convencional. D'altra banda, pel que fa la força, es veu un augment de velocitats i RM en el PAPE. Tot i així, l'única millora estadísticament significativa és en l'aixecament al 80% del perfil de força.

Cal considerar que les diferències estadístiques es van trobar en el PRE amb l'escalfament PAPE i Convencional, pel que un escalfament adient conduirà a millores del rendiment en el salt i força, independentment si el protocol és convencional o amb repeticions d'alt percentatge de la RM.

## 9. Implicacions sobre la pràctica professional

De cara a la implicació professional s'haurà de tenir en compte el nivell dels i les esportistes, ja que, aquest escalfament només el podran incloure aquells que tinguin la tècnica de l'exercici dominada. D'altra banda, aquells que estiguin altament entrenats, seran els que segurament,

tindran millors resultats. Així, doncs en esports i esportistes semi-professionals i/o professionals, segurament s'obté millors resultats.

Pel que fa específicament en el Crossfit, l'escalfament PAPE es podria incloure en sessions les quals haguem de trobar un rendiment el WOD posterior. Per exemple, en competicions de Crossfit, normalment acostumen durant la realització d'un WOD, afegir trobar una repetició màxima en un temps establert.

Per aquells esportistes d'alt rendiment i que estan altament entrenats, com s'ha vist en altres estudis, es podria fer ús i així buscar maximitzar el rendiment. Sobretot en aquells esports que impliquen salts i impacte, com podria ser el bàsquet o l'handbol.

A més a més, com s'ha trobat en altres estudis, la càrrega per sessió, ja sigui des d'intensitat o volum, pot millorar si en l'escalfament, es fa una repetició a un alt percentatge de la RM. Això implicaria que per una millora d'hipertrofia, podria retardar la fallada muscular i així poder-la implementar com a estratègia.

## 10. Referències bibliogràfiques.

- Arabatzi, F., Patikas, D., Zafeiridis, A., Giavroudis, K., Kannas, T.,ourgoulis, V., & Kotzamanidis, C. M. (2014). The Post-Activation Potentiation Effect on Squat Jump Performance: Age and Sex Effect. *Pediatric Exercise Science*, 26(2), 187–194. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0052>
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2018). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 36(1), 64–70. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1280610>
- Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Brink, N. J., Constantinou, D., & Torres, G. (2022). Postactivation performance enhancement (PAPE) of sprint acceleration performance. *European Journal of Sport Science*, 22(9), 1411–1417. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1955012>
- BRINK, N. J., CONSTANTINOU, D., & TORRES, G. (2022). Postactivation performance enhancement (PAPE) using a vertical jump to improve vertical jump performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(11). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.22.12899-9>
- Butcher, S., Neyedly, T., Horvey, K., & Benko, C. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open Access Journal of Sports Medicine*, 241. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s88265>
- Cormier, P., Freitas, T. T., Loturco, I., Turner, A., Virgile, A., Haff, G. G., Blazevich, A. J., Agar-Newman, D., Henneberry, M., Baker, D. G., McGuigan, M., Alcaraz, P. E., & Bishop, C. (2022). Within Session Exercise Sequencing During Programming for Complex Training: Historical Perspectives, Terminology, and Training Considerations. *Sports Medicine*, 52(10), 2371–2389. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01715-x>
- Cuenca-Fernández, F., Smith, I. C., Jordan, M. J., MacIntosh, B. R., López-Contreras, G., Arellano, R., & Herzog, W. (2017). Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: a pilot study. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(10), 1122–1125. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0217>
- Đurović, M., Stojanović, N., Stojiljković, N., Karaula, D., & Okičić, T. (2022). The effects of post-activation performance enhancement and different warm-up protocols on swim start performance. *Scientific Reports*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13003-9>
- Fernando J. Naclerio Ayllón. (2005). *Naclerioetal\_Fuerza\_Velocidad\_Pot\_sent\_prof.*

- Finlay, M. J., Bridge, C. A., Greig, M., & Page, R. M. (2022). Upper-Body Post-activation Performance Enhancement for Athletic Performance: A Systematic Review with Meta-analysis and Recommendations for Future Research. In *Sports Medicine* (Vol. 52, Issue 4, pp. 847–871). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01598-4>
- Garbisu-Hualde, A., Gutierrez, L., & Santos-Concejero, J. (2023). Post-Activation Performance Enhancement as a Strategy to Improve Bench Press Performance to Volitional Failure. *Journal of Human Kinetics*, 88, 199–206. <https://doi.org/10.5114/jhk/162958>
- Glassman, G. (2007). Understanding CrossFit. In *CrossFit Journal Article Reprint. First Published in CrossFit Journal Issue* (Vol. 56). <http://store.crossfit.com>
- Guo, W., Liang, M., Lin, J., Zhou, R., Zhao, N., Aidar, F. J., Oliveira, R., & Badicu, G. (2022). Time Duration of Post-Activation Performance Enhancement (PAPE) in Elite Male Sprinters with Different Strength Levels. *Children*, 10(1), 53. <https://doi.org/10.3390/children10010053>
- Krzysztofik, M., Matykiewicz, P., Celebanska, D., Jarosz, J., Gawel, E., & Zwierzchowska, A. (2021). The acute post-activation performance enhancement of the bench press throw in disabled sitting volleyball athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph18073818>
- Lowery, R. P., Duncan, N. M., Loenneke, J. P., Sikorski, E. M., Naimo, M. A., Brown, L. E., Wilson, F. G., & Wilson, J. M. (n.d.). *THE EFFECTS OF POTENTIATING STIMULI INTENSITY UNDER VARYING REST PERIODS ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE AND POWER*. [www.nsc.com](http://www.nsc.com)
- Martínez-Gómez Pedro L.; Moral-González Susana; Lucia Alejandro; Barranco-Gil David, R. V. (2021). Effects of an Injury Prevention Program in CrossFit Athletes: A Pilot Randomized Controlled Trial. *International Journal of Sports Medicine*, 42(14), 1281–1286. <https://doi.org/10.1055/a-1386-5188>
- Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., García-Fernández, P., Garnacho-Castaño, M. V., & Domínguez, R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLoS ONE*, 12(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181855>
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Medicine*, 45(11), 1523–1546. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x>
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 997–1005. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1575-7>
- Picón-Martínez, M., Chulvi-Medrano, I., Manuel Cortell-Tormo, J., & Alberto Cardozo, L. (2019). *La potenciación post-activación en el salto vertical: una revisión Post-activation potentiation in vertical jump: a review* (Vol. 36). [www.retos.org](http://www.retos.org)
- Sañudo, B., de Hoyo, M., Haff, G. G., & Muñoz-López, A. (2020a). Influence of Strength Level on the Acute Post-Activation Performance Enhancement Following Flywheel and Free Weight Resistance Training. *Sensors*, 20(24), 7156. <https://doi.org/10.3390/s20247156>

- Sañudo, B., de Hoyo, M., Haff, G. G., & Muñoz-López, A. (2020b). Influence of Strength Level on the Acute Post-Activation Performance Enhancement Following Flywheel and Free Weight Resistance Training. *Sensors*, 20(24), 7156. <https://doi.org/10.3390/s20247156>
- Seitz, L. B., Trajano, G. S., Dal Maso, F., Haff, G. G., & Blazevich, A. J. (2014). Postactivation potentiation during voluntary contractions after continued knee extensor task-specific practice. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(3), 230–237. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0377>
- Thomas, E., Bianco, A., Paoli, A., & Palma, A. (2018). The Relation between Stretching Typology and Stretching Duration: The Effects on Range of Motion. In *International Journal of Sports Medicine* (Vol. 39, Issue 4, pp. 243–254). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/s-0044-101146>
- Thompson, W. R. (n.d.). *WORLDWIDE SURVEY OF FITNESS TRENDS FOR 2017 Learning Objectives*. <http://dictionary.reference.com/>
- Till, K. A., & Cooke, C. (2009). The Effects of Postactivation Potentiation on Sprint and Jump Performance of Male Academy Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1960–1967. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8666e>
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147–166. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004>
- TRIMBLE, M. H., & HARP, S. S. (1998). Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(6). [https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/1998/06000/postexercise\\_potentiation\\_of\\_the\\_h\\_reflex\\_in.24.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/1998/06000/postexercise_potentiation_of_the_h_reflex_in.24.aspx)
- Tsurubami, R., Oba, K., Samukawa, M., Takizawa, K., Chiba, I., Yamanaka, M., & Tohyama, H. (n.d.). *Up Intensity and Time Course Effects on Jump Performance*. [http://www.jssm.org`Warmorg`org`Warm-](http://www.jssm.org/Warmorg`org`Warm-)
- Ulrich, G., & Parstorfer, M. (2017). Effects of Plyometric Versus Concentric and Eccentric Conditioning Contractions on Upper-Body Postactivation Potentiation. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(6), 736–741. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0278>
- Villalon-Gasch, L., Penichet-Tomas, A., Sebastia-Amat, S., Pueo, B., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2022). Postactivation performance enhancement (Pape) increases vertical jump in elite female volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010462>
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Editorial Paidotribo.
- Whelan, N., O'Regan, C., & Harrison, A. J. (2014). Resisted sprints do not acutely enhance sprinting performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1858–1866. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000357>
- Wiewelhove, T., Döweling, A., Schneider, C., Hottenrott, L., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2019). A meta-analysis of the effects of foam rolling on performance and recovery. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 10, Issue APR). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00376>

WMA. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki. *JAMA*, 310(20), 2191.  
<https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

## 11. Annexes

### 11.1 Qüestionari inicial.

<b>Codi Subjecte.</b>	<b>Antecedents mèdics.</b>	<b>Lesions prèvies.</b>
<b>1001</b>	Cap.	Tendinitis supraespinós.
<b>1002</b>	Cap.	Cap.
<b>1003</b>	Cap.	Cap.
<b>1004</b>	Cap.	Cap.
<b>1005</b>	Cap.	Cap.
<b>1006</b>	Cap.	Cap.
<b>1007</b>	Cap.	Cap.
<b>1008</b>	Cap.	Cap.
<b>1009</b>	Carpectomia proximal.	Cap.
<b>1010</b>	Cap.	Tendinitis supraespinós.
<b>1011</b>	Cap.	Pubàlgia.
<b>1012</b>	Cap.	Tendinitis supraespinós.
<b>1012</b>	Cap.	Lumbàlgia.
<b>1014</b>	Cap.	Cap.
<b>1015</b>	Cap.	Cap.
<b>1016</b>	Cap.	Cap.
<b>1017</b>	Cap.	Impingment Subacromial.
<b>1018</b>	Cap.	Esquinç turmell.

## 11.2 Model de la informació pels participants.

### INFORMACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES

La estudiante Laura Timoner Mora del Doble Grado de Fisioterapia y CAFE, dirigido/a por Adrián Garcia Fresneda está llevando a cabo el proyecto de investigación “Efectos del calentamiento Post Activation Performance Enhancement (PAPE) en el salto y la fuerza respecto el calentamiento convencional en Crossfit”.

El proyecto tiene la finalidad de estudiar si el calentamiento PAPE provoca mejoras en el rendimiento del salto y fuerza. En primer lugar, se realizará un estudio cruzado con 18 sujetos. En el proyecto participan los siguientes centros de investigación: Crossfit Bétulo y CEM Badalona. En el contexto de esta investigación, le pedimos su colaboración para que poder evaluar si el calentamiento Post Activation Performance Enhancement provoca mejoras del salto y fuerza respecto el convencional ya que usted cumple los siguientes criterios de inclusión: Practicante de Crossfit de mínimo 3 veces a la semana, experiencia en Crossfit de mínimo 1 año y mayor de 18 años y menor de 50.

Esta colaboración implica participar en 3 intervenciones de estudio:

- 1ª intervención: Cogida de datos basales con el Salto Abalakov y Perfil de Fuerza-Velocidad en Front Squat.
- 2ª intervención: Aplicación del calentamiento convencional o convencional y PAPE (en función del grupo). Valoración del Salto Abalakov y Perfil de Fuerza-Velocidad en Front Squat.
- 3ª intervención: Aplicación del calentamiento convencional o convencional y PAPE (en función del grupo). Valoración del Salto Abalakov y Perfil de Fuerza-Velocidad en Front Squat.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo



responsable el investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante un sistema de contraseñas en un pendrive y únicamente Laura Timoner y Adrián Garcia tendrán acceso.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle. Puede contactar con nosotros a través del número de teléfono: 644813812.

### **11.3 Model del Consentiment informat del participant.**

#### **CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE**

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE], mayor de edad, con DNI [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés propio,

#### **DECLARO QUE:**

He recibido información sobre el proyecto “Efectos del calentamiento Post Activation Performance Enhancement (PAPE) en el salto y la fuerza respecto el calentamiento convencional en Crossfit” del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos

personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

[CUANDO PROCEDA:] Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

**DOY MI CONSENTIMIENTO A:**

1. Participar en el proyecto proyecto “Efectos del calentamiento Post Activation Performance Enhancement (PAPE) en el salto y la fuerza respecto el calentamiento convencional en Crossfit”.
2. Que Laura Timoner Mora y su director/a Adrián Garcia Fresneda puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En [CIUDAD], a [DIA/MES/AÑO]

[FIRMA PARTICIPANTE]  
DIRECTOR/A]

[FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL

#### 11.4 Consentiment informat dels participants i informació.

Per guardar els consentiments s'ha realitzat en una mateixa carpeta fent ús del seu propi codi d'identificació.

Per poder-los visualitzar, es pot fer mitjançant el següent QR:

