

# **ANÀLISI D'UN TREBALL DE FORÇA EXPLOSIVA COMBINANT MÀQUINES VIBRATÒRIES I MÀQUINES INERCIALS**

**Treball de fi de grau de Ciències de  
l'Activitat Física i l'Esport**

**Francesc TUGORES SASTRE**

**4t curs. Grau de CAFE**

**Assignatura: Treball de fi de grau**

**Tutor: José Luis López**

**UVIC-Facultat d'educació**

**Vic, Maig de 2012**

## Resum

L'objectiu d'aquest estudi és comparar els efectes de dos mitjans de treball sobre la força explosiva en 9 atletes de nivell autonòmic i nacional ( $19,6 \pm 2,6$  anys,  $1,76 \pm 7$  m i  $68,9 \pm 3,5$  kg) que entrenaren durant el període competitiu, 6 setmanes amb una freqüència de 2 cops per setmana, seguint una periodització creixent. Els subjectes varen ser dividits en 3 grups de 3 atletes cada un, però utilitzant diferents mitjans d'entrenament: el grup experimental combinant la plataforma vibratòria i les màquines inercials (1), amb un temps d'exposició a la vibració de 30", a una intensitat de 45 Hz i una amplitud de 5 mm amb una pausa d'1'. I de 3 sèries de 8 repeticions executades a màxima velocitat en la fase concèntrica i controlant aquesta en la fase excèntrica, amb una pausa de 3' en les màquines io-io. El grup experimental de pesos lliures (2), va realitzar 4 exercicis:  $\frac{1}{2}$  squat, pliometria (CEE), multisalts horitzontals i acceleracions, seguint les pautes d'un treball de força explosiva proposat per Badillo i Gorostiaga (1995). I un grup control (3), que no realitzà cap entrenament de força. Abans i després del període d'intervenció és realitzaren els següents tests: salt sense contramoviment (SJ) i salt amb contramoviment (CMJ). Els resultats indicaren que el grup (1), (2) i (3) disminuïren significativament el SJ i el CMJ.

Es conclou que l'entrenament, tant en el de combinació d'estímuls vibratoris amb màquines inercials com el de pesos lliures pareix ser un mitja que s'ha de controlar i perioditzar molt bé ja que en el període competitiu l'atleta acumula uns nivells de fatiga tant muscular com fisiològics molt superiors que en altres períodes de la temporada.

**Paraules clau:** força explosiva, màquina vibratòria, màquina inercial, pesos lliures.

## Summary

The aim of this study is to compare the influence of two different working methods on explosive strength in 9 regional and national level athletes ( $19,6 \pm 2,6$  anys,  $1,76 \pm 7$  m i  $68,9 \pm 3,5$  kg) who trained during the competitive period (6 weeks with a frequency of 2 times per week) following a growing time period.

The subjects were divided into 3 groups with 3 athletes each, but using different training means: The experimental group had to combine the vibration platform with an exposure time to vibration of 30", at an intensity of 45 Hz and an amplitude of 5 mm with a break of 1'. Then, 3 sets of 8 repetitions performed at maximum speed at concentric phase and controlling speed at the eccentric phase, with a 3' break at the flywheel (1). The experimental group of free weights (2), performed 4 exercises: squat, pliometria (CEE), horizontal multijump and accelerations following the study of Badillo and Gorostiaga (1995) related to explosive strength. The third group was a control one (3) and did not make any strength training. They performed, before and after the intervention period, the following tests: no countermovement jump (SJ) and countermovement jump (CMJ). The results showed that the group (1), (2) and (3) meaningfully decreased the SJ and CMJ.

We conclude that training, both combining vibratory stimulation with inertial machines as well as free weights, seems to be a working method to be strictly controlled because of the high level of fatigue, both muscular and physiological, the athlete shows, much higher than in other periods of the season.

**Key words:** explosive strength, whole body vibration, flywheel, free weights.

# Índex

	Pàg.
1. Introducció	5
2. Marc teòric	7
3. Objectius de la recerca	20
4. Material	20
5. Metodologia	21
6. Resultats	27
6.1 WBV més io-io	27
6.2 Pesos lliures	28
6.3 Grup Control	29
7. Discussió	30
8. Conclusions	33
9. Bibliografia	34

## 1. Introducció

El següent treball ha estat realitzat per Francesc Tugores, com a treball final de Grau de Ciències de l'Activitat Física i l'esport. Com atleta de mig fons i estudiant interessat per l'àmbit de rendiment, he decidit estudiar els guanys de força explosiva en atletes de mig fons (800 m i 1500 m) mitjançant nous mitjans d'entrenament de la força com , la plataforma vibratòria i les màquines inercials, que normalment no estan a l'abast dels clubs d'atletisme o dels propis atletes, degut al seu alt preu.

Els corredors de mig fons tenen una major capacitat aeròbica y una menor capacitat làctica. En l'entrenament modern dels mig fondistes es treballa la força màxima, la força explosiva, la força elàstica i la reactivitat del turmell.

En les carreres de 800 m i 1500 m, en la última recta es poden alterar molt les posicions, degut a l'alta aparició d'altres concentracions de lactat que poden aturar literalment l'atleta. Aquest atletes han de disposar d'un canvi de ritme progressiu en l'últim terç de la cursa i un canvi bruscat a l'entrada de la recta de meta. Per això, adquireix una gran importància l'entrenament de la força explosiva, ja que un atleta amb una major força d'aquesta, tindrà més possibilitats de realitzar un fort canvi de ritme al final de la cursa si arriba amb les mateixes condicions que la resta.

En aquest treball s'estudiarà dues maneres de treballar la força explosiva. Una serà mitjançant nous mètodes (màquines vibratòries i màquines inercials) i l'altre serà de forma més tradicional, amb pesos lliures. Es realitzarà un pre-test i un post-test abans i després de la intervenció, per tal de comparar els possibles guanys de força explosiva. Hi haurà un grup control que ens servirà per veure si aquest grup millora o no, sense un treball de força.

Primer de tot, trobem un marc teòric on s'explica breument la història de l'atletisme i més àmpliament el treball de força amb els nous mitjans com la plataforma vibratòria i les màquines inercials, i el treball de forma més tradicional utilitzant pesos lliures. Després, trobarem els objectius de la recerca seguits del material que utilitzarem pe dur a terme aquest estudi. Seguidament, trobarem la descripció de la metodologia que hem emprat per realitzar aquest estudi. Els resultats es presentaran mitjançant unes gràfiques i unes breus explicacions que després seran discutits amb altres estudis.

Finalment, hi ha unes conclusions sobre els efectes del treball de força en atletes de mig fons amb màquines vibratòries, màquines inercials i pesos lliures en un període competitiu. Aquestes conclusions ens podran ajudar a orientar en un futur un treball amb aquest tipus de màquines, en un període competitiu.

## 2. Marc teòric

L'atletisme com a esport modern, amb l'estructura amb la qual avui el coneixem, data de segle XIX (1837) a l'Eton College, on es va celebrar entre els alumnes de l'escola la primera competició de la que es té notícia.

L'atletisme no es pot contemplar com un únic esport sinó com la suma d'especialitats que culturalment s'han agrupat sota aquest nom general (Rius, 2005). Si bé constitueixen un sol esport, la seva història, les seves tècniques, les seves formes d'entrenament i les característiques de cada especialitat són substancialment diferents. El seu estudi tècnic i la seva història no poden ser tractats en conjunt; cada especialitat ho serà particularment.

Les especialitats oficials són les que figuren en el calendari internacional. Es divideixen en cinc grans grups: les curses, els salts, els llançaments, la marxa atlètica i les proves combinades (Mansilla, 1994). Nosaltres en centrarem en les curses, i més concretament en el mig fons, que consta en el programa olímpic dels 800 m i els 1.500 m.

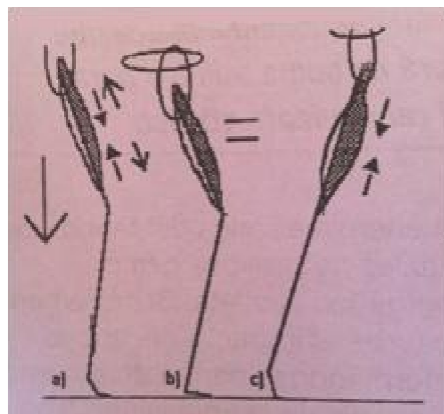
En aquestes dues proves de mig fons, els atletes que les practiquen necessiten de l'entrenament de la força per tal d'augmentar el seu rendiment i les seves possibilitats d'èxit. Segons Jiménez (2003), l'entrenament de la força, és actualment considerat una activitat essencial per garantir un adequat rendiment físic aplicat a qualsevol esport, la mobilitat i el funcionament de l'aparell locomotor, així com per millorar la independència funcional en persones grans.

En els últims anys les investigacions en el camp de l'entrenament de la força han ressaltat la importància de la relació entre el nivell de força aplicada, la velocitat assolida i la potència produïda en els exercicis per determinar els efectes i les adaptacions causades per els entrenaments realitzats (González Badillo, 2000).

A més, s'han desenvolupat nous mitjans per desenvolupar la força com: la plataforma vibratòria i màquines inercials. Aquests mitjans quan són aplicats amb una metodologia adequada desenvolupen adaptacions superiors respecte a altres més tradicionals, com els pesos lliures o màquines de musculació (Tous, 1999).

Córrer, suposa molts cicles d'estirament – escurçament (CEE), que és una combinació muscular excèntrica, isomètrica i concèntrica. Es caracteritza per un moviment excèntric que condueix a un moviment concèntric balístic (Brown, 2008). Hi ha dos tipus de CEE, els lents i els ràpids. Els lents es caracteritzen per un gran desplaçament angular en les articulacions del maluc, genoll i turmell, i una fase d'activació aproximadament a 300-500 ms. Els ràpids presenten petits desplaçaments angulars en les articulacions mencionades, i tenen un contacte amb el terra de 100-200 ms. (Schmidtbleicher, 2007).

La carrera és una successió de gambades. I les fases de la gambada són: amortiment, impulsió (aquestes són les fases de contacte) i vol (aquesta és la fase aèria). En aquestes 3 fases es dona el cicle complet de la seqüència excèntrica, isomètrica i concèntrica. El cas més comú apareix en l'acció del quàdriceps, en el contacte del peu en la fase d'amortiment en la cursa.



**Figura 1.** Fases del cicle estirament – escurçament: a) excèntric; b) isomètric; c) concèntric. (Rius, 2005).

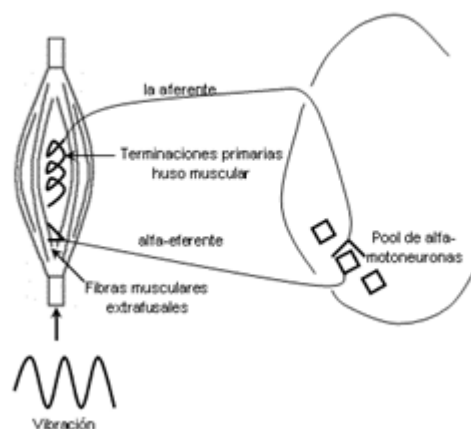
Quan el peu contacta amb el terra, el genoll sofreix una lleugera flexió (fase d'amortiment), però si el quàdriceps no estigues en tensió, la flexió del genoll seria total. Al produir-se la flexió del genoll, la longitud del quàdriceps, encara



que està contret, augmenta (figura 1a). En aquesta fase excèntrica s'ha de considerar la importància del reflex miotàtic, que reacciona impedit l'estirament muscular. En el moment en que la fase d'amortiment finalitza, existeix un instant entre el final de la flexió i el començament de l'extensió en el que no hi ha modificació de la longitud del múscul; és la fase isomètrica, també anomenada fase d'acoblament (figura 1b). A l'iniciar-se l'extensió del genoll, el quàdriceps s'escurça (figura 1c) i la contracció és concèntrica. L'aprofitament de l'energia elàstica que el múscul acumula en la fase excèntrica només és possible si existeix una fase isomètrica de duració mínima i una acció concèntrica immediata.

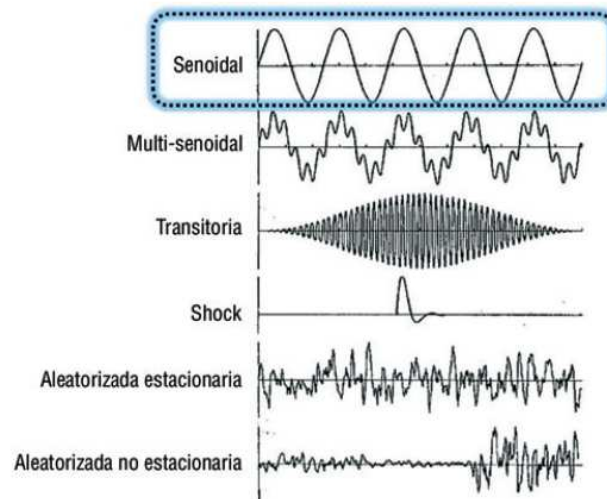
L'entrenament mitjançant l'aplicació de vibracions (VT) provoca efectes similars a l'entrenament amb cicles d'estirament escurçament d'una forma molt més controlada i garantint la integritat de l'aparell locomotor (Edir et al., 2006).

Com efecte de la vibració, el teixit muscular es veu sotmès a una modificació de la seva longitud en un període breu de temps, aquest ràpid estirament afavoreix l'estimulació del reflex miotàtic. A l'aplicar vibracions de certes característiques, s'activa el reflex tònic vibratori (RTV), que provoca l'estimulació muscular per via reflexa. Aquest mètode produeix un altíssim volum de treball, no reproduïble en altres sistemes (Edir et al., 2006).



**Figura 2.** Arc reflexa sol·licitat en la aparició del reflexa tònic vibratori (Johnston et al, 1970)

La vibració que normalment s'utilitza per l'entrenament és la senoidal. Aquest tipus de vibració és la més simple i representa oscil·lacions pures. (Naclerio, 2011).



**Figura 3.** Representació de diferents tipus de vibració, començant per dalt: senoidal, multi-senoidal, transitoria, shock, aleatòria estacionaria i aleatòria no estacionaria (Marín, 2011).

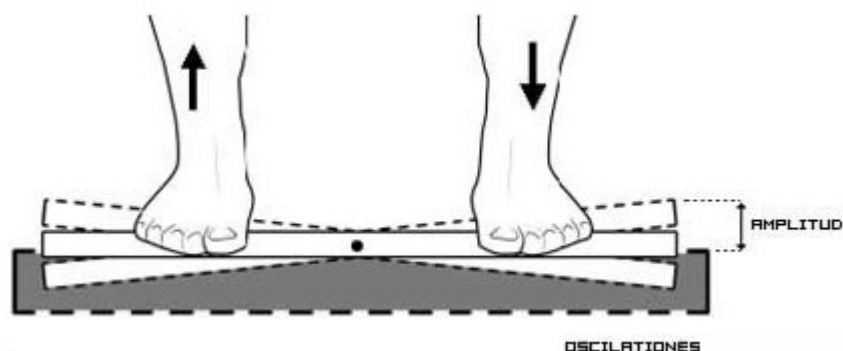
Segons Naclerio (2011), Marín (2010); Jiménez (2010) els paràmetres de la vibració són:

- Freqüència: s'expressa en cicles per segon (Hz). En l'àmbit de l'entrenament esportiu les freqüències de vibració més utilitzades han estat les de 30 i 40 Hz (plataforma vertical), i 26 Hz (plataforma oscil·latòria).
- Amplitud: és la distància entre els extrems assolits per el moviment (valor pic-pic). Amb majors amplituds de vibracions s'obté una major estimulació.
- Magnitud: s'obté de forma directa mitjançant acceleròmetres, o de manera indirecta a partir de la freqüència (Hz) i l'amplitud (m).
- Direcció: les vibracions poden produir-se en tres dimensions lineals: Eix x (longitudinal), eix y (lateral) i eix z (vertical). Generalment l'eix predominant en les plataformes vibratòries és el z.

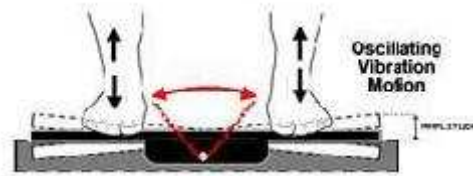
- Duració: algunes respostes del cos humà depenen fonamentalment de la duració de la vibració a la que és exposat. La normativa ISO 2631 estableix els límits del temps d'exposició basant-se en els valors de la dosis de vibració. En els estudis orientats a la millora del rendiment l'exposició total va des de 4 minuts fins un màxim de 20.
- Ressonància: per què les nostres estructures no entrin en ressonància i no sofreixin lesions, s'han d'utilitzar freqüències majors a 20Hz.

Els efectes de les vibracions estan principalment produïts per l'activació del RTV i l'augment de l'acció gravitacional (augment de l'acceleració) (Naclerio, 2011).

Hi ha tres tipus de plataformes vibratòries, les oscil·latòries (PO), les verticals (PV) i les vibratòries inestables (vibalance), que permeten combinar i potenciar tots els efectes positius associats a l'estímul vibratori i el treball en inestabilitat. La gran diferència que hi ha entre PO i PV és el moviment que transmet al cos. El primer sistema genera de manera alternativa la flexió i extensió dels membres que estan en contacte amb la plataforma. El segon desenvolupa un moviment simultani de flexió-extensió dels membres recolzats en la màquina. (Naclerio, 2011).



**Figura 3.** Moviment de les plataformes oscil·latòries (Naclerio, 2011).



**Figura 4.** Moviment de les plataformes verticals (Naclerio, 2011).

En un estudi de Bosco et al. (2000) es va veure com després d'utilitzar la plataforma vibratòria existia un augment en l'altura del salt i en la potència del salt. Tot això ve donat per un augment de la potència dels músculs extensors del genoll.

Un altre estudi de Paradisis i Zacharogiannis (2007) sobre la velocitat en carreres de curta distància (60 metres) va comprovar que amb un entrenament de 6 setmanes, 3 dies per setmana sobre una plataforma vibratòria a una freqüència de 30Hz i 2,5 mm d'amplitud i un temps d'estímul total de 16 minuts, es produïen augments en l'amplitud de gambada del 5,4% i millores de la velocitat del 3,6%.

Diversos estudis han demostrat que l'entrenament amb vibracions produeix millores en la força, la potència muscular, la capacitat de salt i la velocitat de carrera. Aquests estudis es caracteritzen per utilitzar freqüències entre 25 i 50 Hz, amb amplituds de 1-10 mm i magnituds de 3-7-g (Romero; Tous, 2011).

Tots aquests estudis poden estar relacionats amb una adaptació biològica que l'entrenament mitjançant l'aplicació de vibracions provoca, i que té connexió amb un efecte de potenciació neural similar al produït per entrenament de força i potència. Al igual que amb l'entrenament de força, les primeres estructures que es veuen influenciades per l'entrenament són els components neurals específics i els seus mecanismes de feedback propioceptius, és a dir, millora la excitabilitat neuromuscular (Edir et al., 2006). Segons Sale (1988) les respostes adaptatives comporten tant canvis neurals com morfològics, seient els de tipus neural els primers en produir-se, havent-hi ja un augment de la força.

Després d'exposicions curtes al VT s'ha observat un augment dels nivells sèrics de la testosterona i la hormona del creixement. Es postula que atletes amb una major força explosiva i d'alt rendiment en esprint tenen una concentració de testosterona basal major (Kramer et al., 1995).

L'aplicació d'un estímul vibratori és eficaç per aconseguir majors millores en la força màxima, força explosiva, capacitat elàstica i reactivitat. Aquest major efecte pot atribuir-se a la possibilitat de que els mecanismes propioceptius es vegin més intensament involucrats per l'estímul vibratori (Garcia Manso et al. 2002).

L'ús de vibracions mecàniques produeix adaptacions agudes. En accions dinàmiques, Issurin i Tenenbaum (1999) van observar canvis en la potència produïda en un curl de bíceps on a una de les sèries s'aplicava una vibració mecànica de 44Hz. El resultat fou que l'augment de la força explosiva observat en valors de potència màxima és d'un 10,2% i d'un 7,9 % en potència mitja. Un altre estudi de García Manso et al. (2002) va demostrar, que després de 4 setmanes amb un treball isomètric en extensió del genoll amb vibració mecànica i sense, els guanys de força màxima desapareixien abans si s'utilitzava l'estímul de vibració mecànica. Cada un dels subjectes va completar un treball progressiu de 18 sessions d'entrenament, en el qual el volum de càrrega va augmentar de les 12 repeticions i 180 segons efectius de treball, fins les 18 repeticions i 540 segons de treball efectiu. La progressió de la càrrega es va acompanyar amb una reducció de la recuperació entre repeticions i sèries i una modificació de la posició del cos en relació amb els angles del genoll i maluc (genoll 90°, maluc 90°; genoll 90°, maluc 135°; genoll 90°, maluc 180°).

Issurin (1999) va trobar uns guanys de força màxima de 49,1% en un grup d'atletes després de 3 setmanes d'entrenament amb vibracions a 44Hz amb una amplitud de 3mm.

Pel que fa a les adaptacions cròniques atribuïdes a la vibració mecànica hi ha una gran controvèrsia sobre si la utilització de vibracions provoca millores a llarg termini. Segons Romero i Tous (2011) els estímuls vibratoris augmenten via reflexa les respostes musculars i propioceptives, el que provoca millores a mig i llarg termini en els nivells de potència, força i equilibri postural.

Un treball de Delecluse (2003), realitzat a un grup de 67 dones, on el grup que realitzà treballs de força en vibració mecànica, va fer, durant 12 setmanes, una progressió de càrrega total de 3' de treball al principi a 20' al final i amb una augment de 35 a 40Hz en la freqüència de treball. La millora observada en força isomètrica en l'extensió de genoll entre el grup que entrenava amb Whole Body Vubration (WBV) era del 16,6 %  $\pm$ 10,8 i el grup que entrenava només en resistències (forma de treball de manera tradicional, on s'entrena mitjançant a utilització de barres i discs de diferent pes) la millora era del 14.4%  $\pm$ 5,5, sempre en relació al grup control.

Segons Naclerio (2011) per millorar la potència muscular, els majors efectes s'han enregistrat amb freqüències compreses entre 35 i 40Hz, amb la màxima amplitud possible i una duració total de l'estímul per sessió de 360-720 segons (6-12 sèries de 30 a 60 segons amb 60 segons de recuperació) a raó de 3 sessions per setmana. I per millorar la força muscular, els majors efectes s'han enregistrat amb freqüències compreses entre 40 i 50 Hz, amb la màxima amplitud per sessió de 720-1.020 segons (12-17 sèries de 30 a 60 segons amb 60 segons de recuperació), a raó de 3 sessions per setmana.

Segons Romero i Tous (2011) els exercicis han de ser variats, combinant posicions isomètriques amb accions dinàmiques. I amb subjectes entrenats, la intensitat i la complexitat dels exercicis realitzats sobre la plataforma vibratòria semblen tenir una major rellevància que la intensitat de l'estímul vibratori.

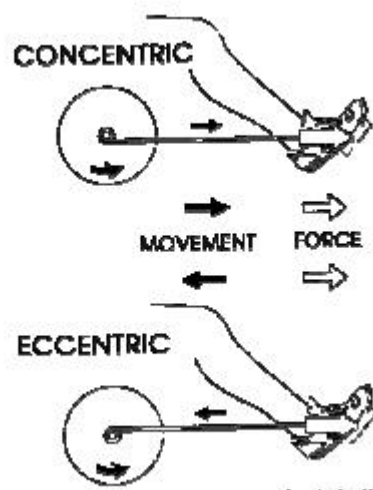
Encara que en el mètode de les màquines vibratòries la vibració es transmet per tot el cos pareix que afecta en major mesura als músculs més propers a la plataforma (Moras,Rodríguez, Tous i Ranz, 2010).

Un altre tipus d'entrenament de la força és mitjançant sobrecàrregues excèntriques. Aquest exercici si es realitza de manera no habitual sol produir dany muscular, i els seus símptomes són la pèrdua de força, mal i inflamació muscular (García-López, 2010). Com a conseqüència d'una primera sessió d'exercici excèntric i després d'una recuperació completa, la repetició d'una altre sessió del mateix exercici causa un dany muscular mínim, el que es coneix com *repeated bout effect* (Romero i Tous, 2011). En una part d'aquest

estudi ens centrarem en les sobrecàrregues excèntriques produïdes per la tecnologia inercial.

La tecnologia inercial lo-lo, va ser creada per els doctors Tesch i Berg, del institut de Karolinska d'Estocolm, desenvolupant un sistema d'entrenament de la força en un mitjà sense gravetat. Aquest mecanisme es basa en un volant d'inèrcia on el seu eix està fixat a una estructura de suport. Uns dels extrems d'una cinta de transmissió s'enrola al voltant d'aquest eix, i l'altre extrem es fixa a distintes peses (mans, pitrals...), des dels quals es pot exercir tracció.

Quan es tira de la cinta durant una acció muscular concèntrica, el volant d'inèrcia gira i al finalitzar el recorregut (concèntric) de la cinta, la roda segueix girant gràcies a la seva inèrcia. Això fa que la cinta retrocedeixi i tiri de l'extremitat de l'executant en sentit contrari. Després de deixar que la cinta "rebobini" inicialment, l'executant ha de començar a exercir resistència per desacelerar la roda fins que l'energia cinètica prèviament acumulada se dissipi i la roda s'aturi per complet.



**Figura 5.** Gràfica del treball amb la màquina io-io leg press. Concèntric i excèntric.

Treballant la força excèntricament, les fibres musculars es contreuen en la fase d'estirament, és a dir, treballem la força amb el múscul en estirament. La contracció muscular excèntrica rarament ocorre de forma aïllada, sinó que apareix integrada en una seqüència denominada cicle d'estirament–escurçament (García-López, 2010).

Segons Hakkinen et al. (1987) un percentatge molt elevat de les lesions musculars es produeix en la fase excèntrica de l'acció. A més, amb un bon treball excèntric podem augmentar molt ràpidament i efectivament la potència muscular. Aquest sistema proporciona un augment de la força, velocitat i flexibilitat muscular molt superior al que es pot aconseguir amb el sistema convencional de peses, a més d'aconseguir en un termini de temps molt més reduït.

Segons Romero i Tous (2011) una avantatge d'aquest tipus de dispositius és que la resistència és virtualment il·limitada i s'ajusta individualment. Això és així perquè el sistema s'adapta oposant la seva inèrcia a qualsevol força que s'apliqui. Per una adequada execució amb una màquina inercial cal realitzar la màxima força possible en la fase concèntrica, i posteriorment durant els dos primers terços de la fase excèntrica, només serà necessari acompanyar el moviment per després desaccelerar durant l'últim terç del recorregut tota l'energia generada en el total de la fase concèntrica. D'aquesta manera, és més probable que s'obtingui una sobrecarrega excèntrica i les adaptacions associades que això comporta.

Segons Pozzo i Tous (2010) hi ha diversos estudis que han reportat l'eficàcia i la viabilitat del treball inercial per a proporcionar una ampla gamma d'adaptacions com massa muscular, força explosiva i velocitat de carrera.

L'estudi que realitzà Askling et al. (2003) a 30 jugadors de futbol, de dos dels millors equips de la primera divisió sueca, utilitzant la màquina de curl-femoral inercial, va concloure que els jugadors després d'haver acabat el programa d'entrenament (4 sèries de 8 repeticions) van augmentar la força muscular i la velocitat en 30 m.



També, s'ha observat que l'entrenament amb màquines inercials, condueix a adaptacions morfològiques fonamentals per prevenir la incidència de lesions en esportistes i millora el rendiment en accions explosives (Tous, 1999),(García-López, 2010).

Hi ha estudis com el de Romero i Tous (2011), on utilitzant la combinació de les dues formes de treballar la força i la potència, és a dir, utilitzant les plataformes vibratòries i després màquines inercials, varen veure que l'estímul vibratori sembla preparar millor al sistema múscul-tendinòs per un posterior exercici excèntric. D'altre banda, en el mateix estudi, diuen que l'estímul vibratori sembla atenuar l'efecte negatiu de l'exercici excèntric. En un altre estudi de Rhea et al. (2009) diu que el treball amb WBV millora el flux sanguini local. Això és un dels factors que fa que hi hagi una disminució de DOMS.

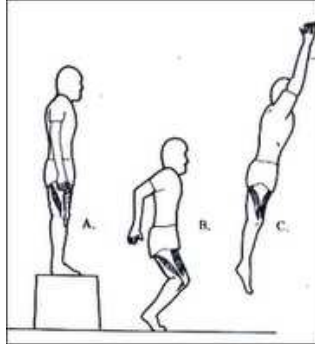
Un altre mètode de treball que s'utilitzarà en aquest estudi és el treball en peses de forma tradicional. La força de forma tradicional és pot desenvolupar amb exercicis de càrrega natural (propi pes corporal) y amb sobrecàrregues: manuelles, barra de peses, cinturons llastrats...).

Segons Hakkinen et al. (1984), el nostre cervell no sap de músculs, sinó de moviments; dit d'una altre manera, el nostre sistema nerviós actua mitjançant moviments i no mitjançant músculs. Això és molt important per l'entrenament específic de la força ja que els exercicis s'han de seleccionar principalment segon el moviment que es realitza i no en funció d'una musculatura en concret.

Nosaltres utilitzarem exercicis de cadena cinètica tancada, que són aquells en que la càrrega externa ve suportada per la articulació distal, el que restringeix la llibertat de moviments (squat amb barra de peses) (Vélez, 2000).

Els exercicis realitzats amb el propi pes corporal seran exercicis pliomètrics, multisalts horitzontals, sortides de 20 m i el ½ squat. El mètode pliomètric posseeix dues clares avantatges: augmenta el rendiment mecànic de qualsevol acció motora esportiva que exigeixi un elevat impuls de força en un temps mínim, i augmenta la força màxima, la força explosiva i la força inicial (Verkhoshansky, 2006). Aquest model es troba quan un subjecte efectua salts

en caiguda. Al llarg de l'entrenament farà falta multiplicar les situacions sol·licitant la pliometria per fer progressar l'atleta (Cometti, 1998).



**Figura 6.** Representació d'un salt pliomètric.

Malgrat l'aparent simplicitat, la tècnica d'impuls després de saltar avall resulta bastant difícil i requereix una atenció especial.

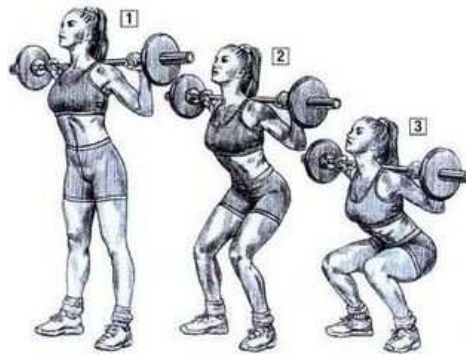
Pel que fa als multisalts horitzontals, que constitueixen un dels sistemes bàsics de desenvolupament de la capacitat mecànica del tren inferior (Rius, 2005), el tipus de multisalt que utilitzarem serà el d'impulsos amb una cama alternant dreta i esquerra. Amb aquest tipus d'exercici treballarem la força elàstica-explosiva (Rius, 2005).



**Figura 7.** Representació d'un multisalt horitzontal.

Les acceleracions segons González-Badillo i Ribas (2002) és un tipus d'entrenament per a la força explosiva en les curses de mig fons. Aquestes sortides s'han de realitzar sobre una distància de 15-30 m.

Al igual que les acceleracions, el  $\frac{1}{2}$  squat treballat a una intensitat del 30-75%, amb un nombre de repeticions de 6-10 i un nombre de sèries de 4-6 amb una pausa de 3'-5' i a una velocitat d'execució màxima/explosiva, és un exercici per la millora de la força explosiva en les curses de mig fons (González-Badillo, 2002). Cal anar en compte per la no fer-nos mal en l'execució del  $\frac{1}{2}$  squat.



**Figura 8.** Execució del  $\frac{1}{2}$  squat.

Hem de seguir una sèrie de consignes com: obrir les cames a una distància lleugerament superior a la de les espatlles; baixar lentament mantenint el pit recte i evitant que aquest es doblegui cap endavant; baixar fins que les cames estiguin en paral·lel amb el terra i formin un angle de quasi  $90^{\circ}$ ; els talons han d'estar en contacte amb el terra mentre baixes; els genolls s'han de mantenir sobre el seu propi eix i no han d'oscil·lar ni cap en dins ni cap a fora; els genolls no han de sobrepassar les puntes dels peus (Baechle i Earle, 2007).

### **3. Objectius de la recerca**

Analitzar quantitativament el guany de força explosiva mitjançant un treball amb la combinació de la plataforma vibratòria i la màquina inercial (io-io) en corredors de mig fons.

Analitzar quantitativament el guany de força explosiva mitjançant un treball amb pesos lliures amb corredors de fons.

Comparar els dos mètodes de treball, i els guanys de força explosiva.

### **4. Material**

Els instruments utilitzats per la realització de l'estudi varen ser:

- Plataforma vibratòria (N.E.M.E.S.– LC. Bosco system)
- Màquina inercial de curl femoral io-io flywheel technology
- Màquina inercial d'extensió de quàdriceps io-io flywheel technology
- Pesos lliures (barra de 10kg, discs de diferents pes; 5kg, 10kg, 15kg i 20kg)
- Banc de 40 cm.
- Plataforma de salts circuit imprès (Chronojump)
- Chronopic 3

## 5. Metodologia

L'estudi es va dur a terme a partir d'un mètode d'estudi experimental longitudinal prospectiu, on l'estudi s'inicià en el mateix moment de l'avaluació inicial i s'intervingué i seguí l'evolució dels subjectes fins a l'avaluació final on s'observà el resultat final.

Aquests resultat varen ser avaluats mitjançant els tests de salts verticals: Squat jump (SJ) i el counter movement jump (CMJ), executats segons la metodologia descrita per Bosco (2000), utilitzant una plataforma de contacte connectada a un cronopic (Chronojump Boscosystem) que permet mesurar el temps de vol de cada salt i estimar l'altura assolida (Bosco, 1992) aplicant la següent equació:

$$H = g \times Tv^2 / 8$$

(On: h = altura del salt en m; g = acceleració de la gravetat en m/s<sup>2</sup>; Tv = temps de vol en s).

La mostra va ser de 9 atletes, de dos clubs d'atletisme diferents. 6 del Club atlètic Vic i 3 del Club Lloret de Mar. Tots els atletes competeixen a nivell nacional, menys dos que competeixen a nivell autonòmic. Les categories en les quals competeixen són: juvenil (16-17 anys), junior (18-19 anys), promesa (20, 21 i 22 anys) i absolut (majors de 22 anys).

Tres atletes del club atlètic Vic varen fer un treball de potència, combinant la màquina vibratòria i les màquines inercials. Uns altres tres atletes, del club atlètic Vic, varen treballar de forma tradicional (pesos lliures). I el grup control varen ser tres atletes del club Lloret de Mar, on no varen realitzar cap treball de força.

Mitjana dades personals	
Edat	19,6 ± 2,6 anys
Sexe	Home
Estatura	1,76 ± 7 cm
Pes	68,9 ± 3,5 kg

**Taula 1.** Mitjana de dades personals dels atletes de l'estudi. Elaboració pròpia.

L'estudi va durar 6 setmanes a raó de 2 sessions per setmana.

Tant el treball amb màquines vibratòries com el treball en màquines inercials s'han de prescriure sota els mateixos principis bàsics de l'entrenament, és a dir, la individualització, la especificitat i la sobrecàrrega progressiva (Nacleiro, 2011; Romero i Tous, 2011).

El treball amb la màquina vibratòria va ser un treball progressiu on es comença a una intensitat de 30 Hz, una amplitud 5 mm, un temps d'exposició a la vibració mecànica de 30'' i una pausa d'1'. Cada dues setmanes la intensitat s'augmentà progressivament a 40 Hz i 45 Hz respectivament. Es varen realitzar 2 sèries de 4 exercicis dinàmics sobre la plataforma vibratòria. Els exercicis que es varen realitzar varen ser els següents:

- Extensió de bessons
- Extensió de la cama que està sobre la plataforma i flexió de la cama contrària que està a terra
- Flexió-extensió de les cames (½ squat)
- Flexió-extensió dels isquiotibials



**Figura 9.** Posició inicial.



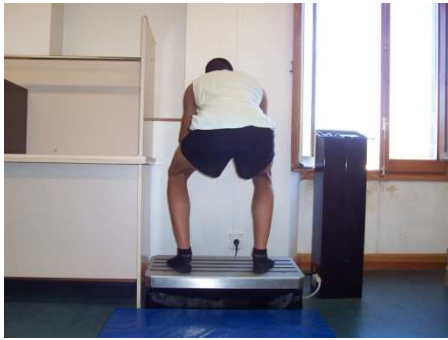
**Figura 10.** Extensió de bessons. Posició final.



**Figura 11.** Flexió cama esquerra, extensió cama dreta. Posició inicial.



**Figura 12.** Extensió cama esquerra, flexió cama dreta. Posició final.



**Figura 13.** Flexió cames. Posició inicial.



**Figura 14.** Extensió cames. Posició final.



**Figura 15.** Flexió isquiotibials Posició inicial..



**Figura 16.** Extensió isquiotibials. Posició final.

El treball en màquines inercials és va realitzar a una intensitat màxima en la fase concèntrica i controlant el moviment fins arribar a la posició inicial en la fase excèntrica, tal i com descriu Romero i Tous (2011). El treball amb les màquines inercials també va ser un treball progressiu, on les dues primeres setmanes es realitzà 2 sèries de 6 repeticions, amb una pausa de 3'. Les dues setmanes següents es va augmentar a 8 el nombre de repeticions. I les dues últimes setmanes es va augmentar fins a 3 sèries de 8 repeticions.



**Figura 17.** Flexió quàdriceps. Posició inicial.



**Figura 18.** Extensió quàdriceps. Posició final.





**Figura 19.** Extensió isquiotibials. Posició inicial.



**Figura 20.** Flexió isquiotibials. Posició final.

Pel que fa al treball de força explosiva de manera tradicional es varen realitzar 4 exercicis, dels quals el  $\frac{1}{2}$  squat i els exercicis de CEE es varen mantenir durant les 6 setmanes. Els altres dos exercicis, els multisalts horitzontals i les acceleracions de 20 m es varen realitzar per un període 3 setmanes respectivament.

El  $\frac{1}{2}$  squat es realitzà segons Badillo i Gorostiaga (1995), on la intensitat va ser del 70-75% d'1RM, i es varen realitzar 3 sèries de 6 repeticions amb una pausa de 3' i la velocitat d'execució era màxima/explosiva. Cada dues setmanes s'augmentava la càrrega en 5kg per tal d'estar sempre en el 70-75% d'1RM.

<b><math>\frac{1}{2}</math> Squat</b>	
<b>Intensitat</b>	70-75%
<b>Sèries</b>	3
<b>Repeticions</b>	6
<b>Pausa</b>	3'
<b>Velocitat d'execució</b>	Màxima/explosiva

**Taula 11.** Metodologia per treballar la potència utilitzant el  $\frac{1}{2}$  squat. Elaboració pròpia.

Per el treball de pliometria (CEE), es varen realitzar 3 sèries de 8 repeticions deixant-se caure des de un banc de 40 cm d'altura. La recuperació era de 3'.

<b>Pliometria (CEE)</b>	
<b>Sèries</b>	3
<b>Repeticions</b>	8
<b>Altura</b>	40 cm
<b>Pausa</b>	3'

**Taula 12.** Metodologia per treballar la potència utilitzant pliometria. Elaboració pròpia.

En el treball de multisalts horitzontals, es varen realitzar 4 exercicis: salt de triple amb cama dreta, salt de triple amb cama esquerra, salt de triple alternant les cames i granotes. El total va ser, 1 sèrie de cada exercici de 10 repeticions, amb una pausa de 1'.

<b>Multisalts horitzontals</b>	
<b>Exercicis</b>	Salt de triple amb cama dreta i esquerra, salt de triple alternant mames i granotes.
<b>Sèries</b>	1
<b>Repeticions</b>	10
<b>Pausa</b>	1'

**Taula 13.** Metodologia per treballar la potència utilitzant multisalts horitzontals. Elaboració pròpia.

I per últim, el treball d'acceleracions, es va realitzar sobre una distància de 20 m. Es varen realitzar 6 repeticions de 20 m. amb una pausa de 1'.

<b>Acceleracions</b>	
Distància	20 m
Repeticions	6
Pausa	1'

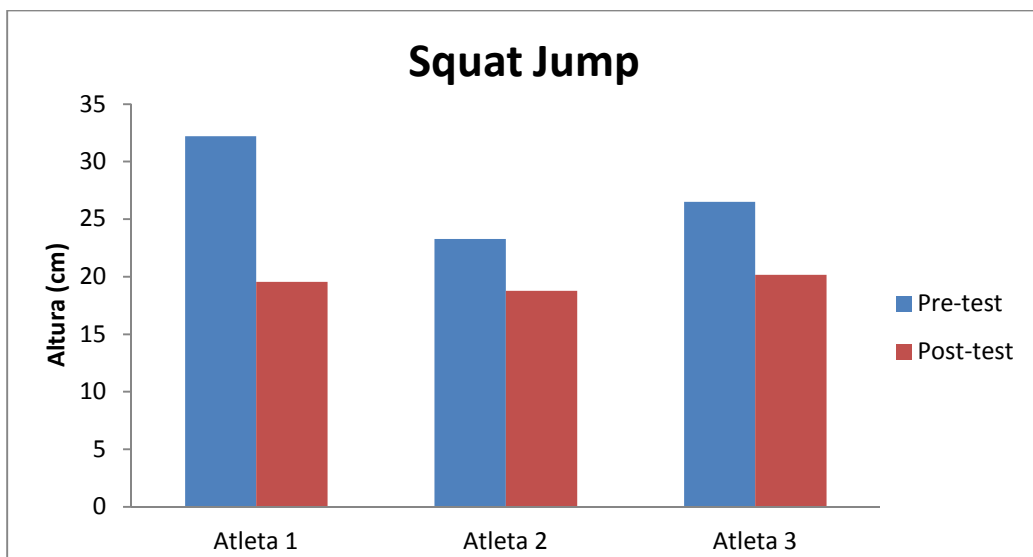
**Taula 12.** Metodologia per treballar la potència utilitzant acceleracions. Elaboració pròpia.

El grup control no realitzà cap treball de força, només un treball de condició física mitjançant la cursa.

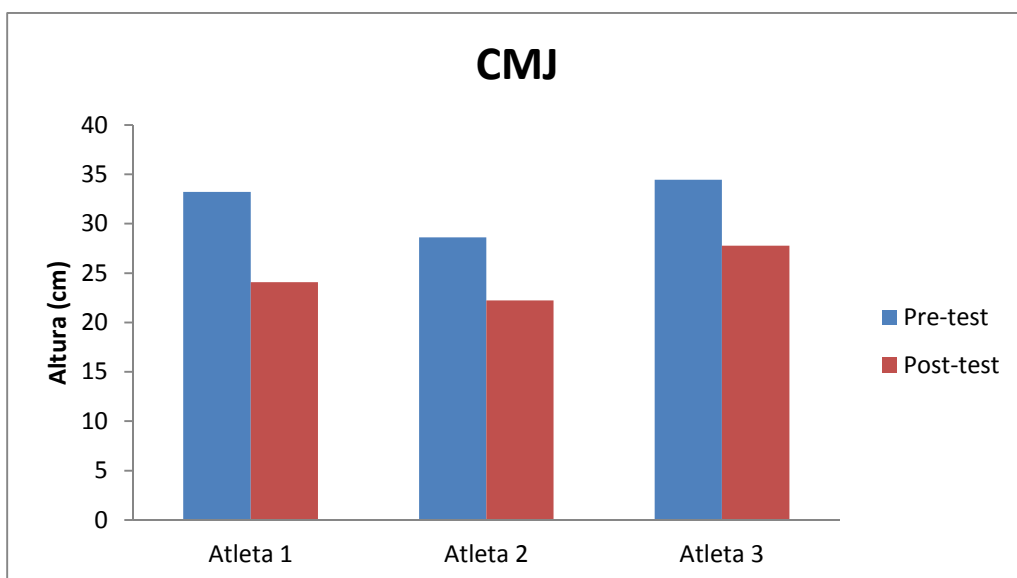
## 6. Resultats

### 6.1 WBV més io-io

Com es pot constatar en la **Figura 1** i **Figura 2**, tots els atletes no varen millorar la seva capacitat de salt; tant en SJ com en el CMJ, després d'un entrenament amb vibroestimulació i màquines inercials. L'atleta 1, va ser el que va millorar menys, amb una pèrdua de 12,65 cm en el SJ i de 9,12 cm en el CMJ. L'atleta 2, va tenir una pèrdua de 4,51 cm en el SJ i de 6,34 cm en CMJ. Pel que fa a l'atleta 3, va tenir una pèrdua de 6,34 cm en el SJ i de 6,67 cm en el CMJ.



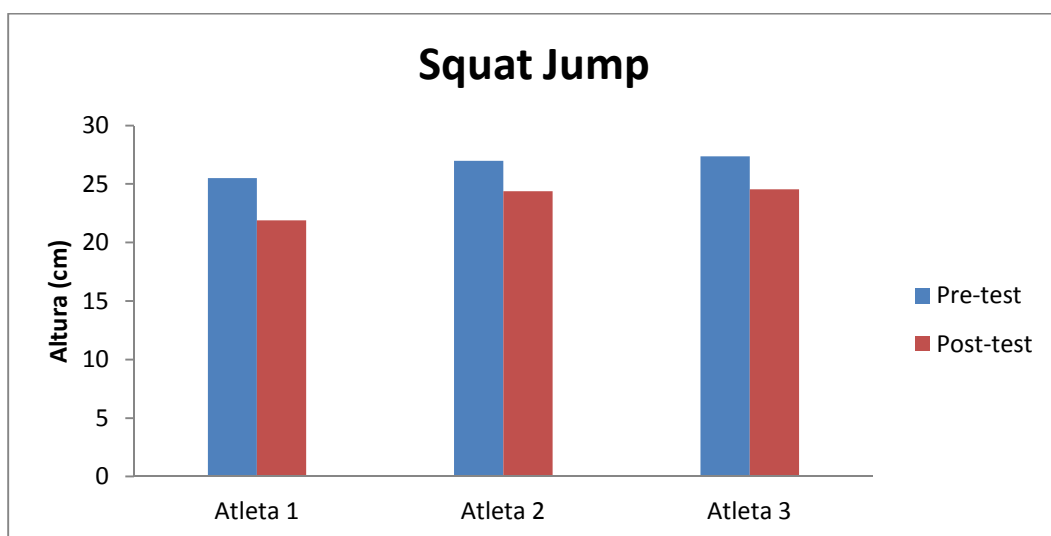
**Figura 1.** Mitjana de 3 salts verticals (SJ). Pre-test i post-test. Elaboració pròpia.



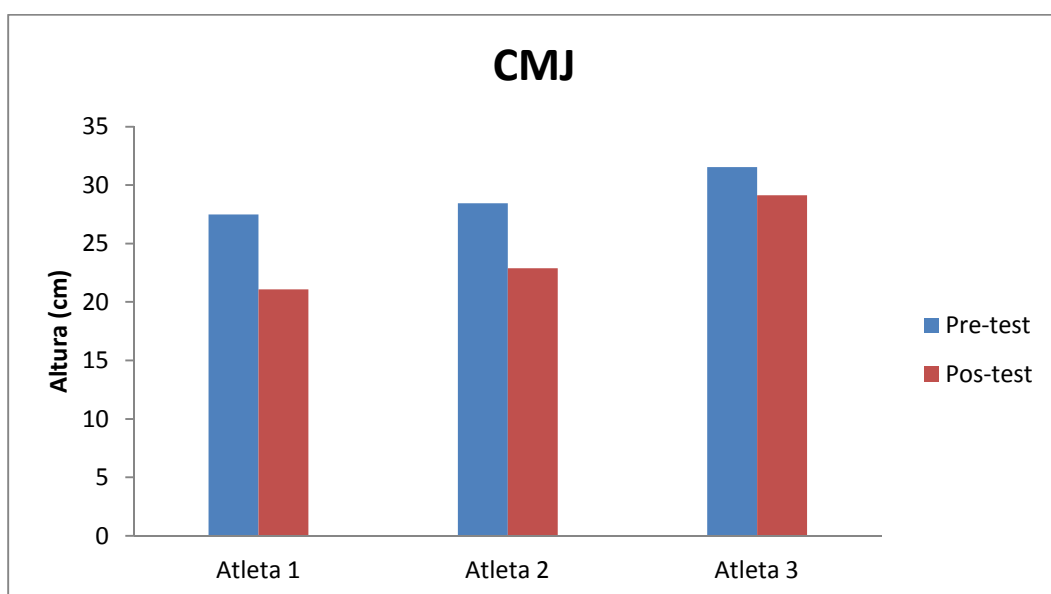
**Figura 2.** Mitjana de 3 salts verticals (CMJ). Pre-test i post-test. Elaboració pròpia.

## 6.2 Pesos lliures

Com es pot veure en la **Figura 3** i **Figura 4**, cap dels atletes varen millorar la seva capacitat de salt; tant en SJ com en el CMJ, després d'un entrenament de força explosiva amb pesos lliures. L'atleta 1, en el post-test del SJ, va perdre 3,61 cm respecte al pre-test. Aquest mateix atleta, en el post-test del CMJ es va veure una pèrdua de 6,39 cm. L'atleta 2, va tenir una pèrdua de 2,59 cm en el SJ i de 5,54 cm en CMJ. Pel que fa a l'atleta 3, va tenir una pèrdua de 2,80 cm en el SJ i de 2,40 cm en el CMJ.



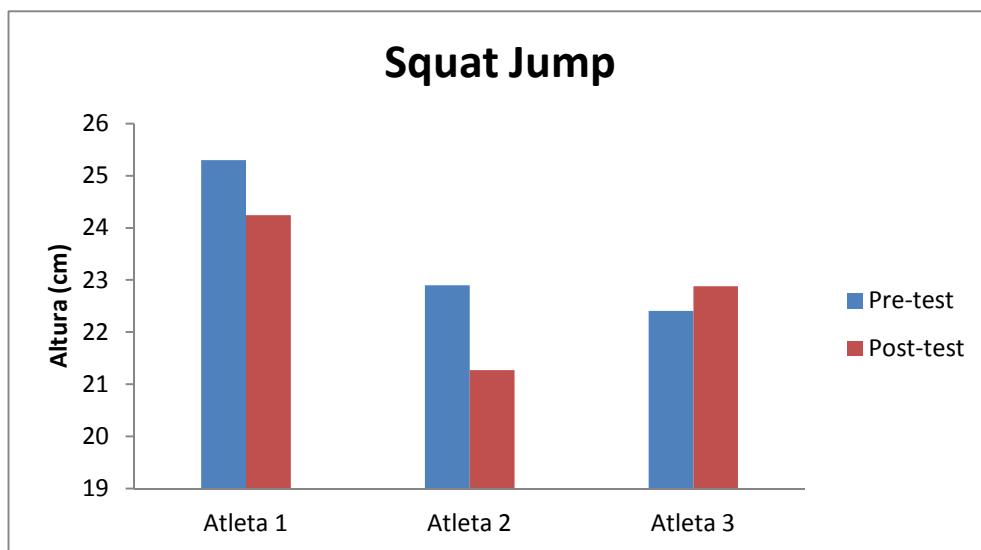
**Figura 3.** Mitjana de 3 salts verticals (SJ). Pre-test i post-test. Elaboració pròpia.



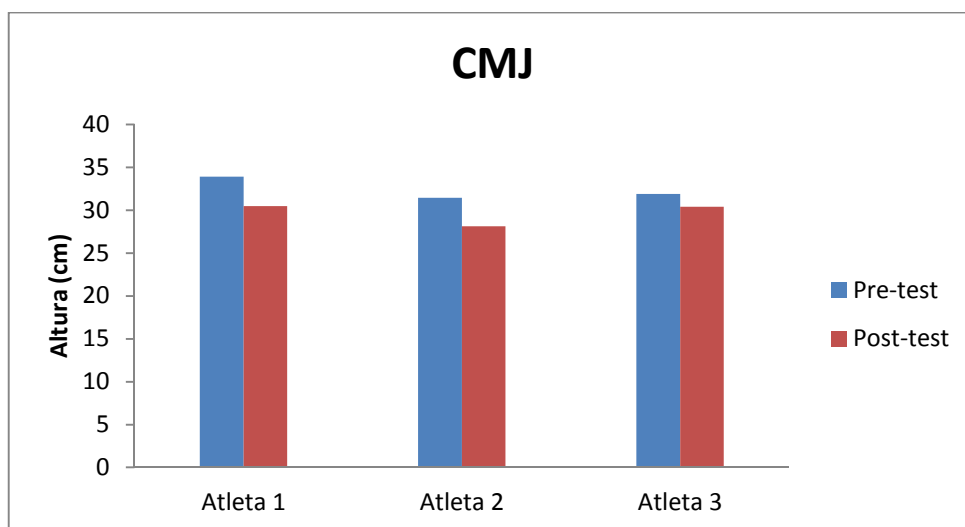
**Figura 4.** Mitjana de 3 salts verticals (CMJ). Pre-test i post-test. Elaboració pròpia.

### 6.3 Grup Control

Com podem observar en la **Figura 5** i **Figura 6**, cap dels atletes varen millorar la seva capacitat de salt; tant en SJ com en el CMJ, després d'un entrenament mitjançant la cursa. Només l'atleta 3 va aconseguir guanys en la capacitat de salt vertical, en post-test del SJ, encara que aquest guany només va ser de 0,47 cm. En el CMJ, aquest mateix atleta va tenir una pèrdua de 1,49 cm. L'atleta 1, va perdre 1,06 cm en el SJ i de 3,42 cm en el CMJ. L'atleta 2, va tenir una pèrdua de 1,63 cm en el SJ i de 3,32 cm en CMJ.



**Figura 5.** Mitjana de 3 salts verticals (SJ). Pre-test i post-test. Elaboració pròpia.



**Figura 6.** Mitjana de 3 salts verticals (CMJ). Pre-test i post-test. Elaboració pròpia.

## 7. Discussió

El fet que els valors post-test del treball amb vibroestimulació i màquines inercials hagin estat menors en tots els atletes, no ens pot resultar estrany ja que, tant física com biològicament, la sobrecàrrega d'una sola sessió de WBV pot ser comparable a varies sessions de musculació tradicional (Cardinale et al. 2003). En un estudi de García-López et al. (2006), es va poder veure com subjectes no acostumats a un treball excèntric amb màquines io-io, els va provocar símptomes de; rigidesa muscular, mal, inflamació i la pèrdua de la capacitat contràctil per part del múscul afectat. Tot això, desencadena en una pèrdua significativa de força explosiva que perdurà més de 72 hores. Altres estudis també han indicat que després d'un entrenament excèntric s'observa una pèrdua de força explosiva durant períodes superiors a 48 hores, principalment en persones o esportistes que no estan acostumats aquest tipus de treball (Pardo-Ibañez i Koral, 2008).

Segons Tous (1999), quant aquest mitjans de treball són aplicats amb una adequada metodologia desenvolupen adaptacions superiors respecte a altres més tradicionals, com màquines de musculació.

Possiblement, les característiques dels subjectes del nostre estudi, al no estar habituats al l'entrenament de la força mitjançant les vibracions i màquines inercials pugui haver influït en aquests resultats.

Les investigacions actuals coincideixen en que tant la força com la potència mecànica produïda durant els exercicis d'entrenament són factors de fonamental importància per controlar y planificar adequadament els entrenaments (Nacleiro, 2007). En relació als nostres resultats, també és important considerar la possibilitat que les 3 sèries de 8 repeticions proposada fossin excessives per el nostre grup de joves esportistes.

Per això, considerem que en futurs estudis hauríem de contar amb un encoder lineal o un smarth coach, per tal de poder avaluar de manera més detallada aquest treball de força explosiva, ja que sinó podem incidir en el treball de força resistència on les fibres lentes tenen més protagonisme.

És important considerar que la indicació d'executar la fase concèntrica amb la major velocitat possible i emfatitzar el control de la fase excèntrica de cada moviment pot haver creat un estímul superior en el grup que treballava amb les màquines io-io, i que a l'aplicar una alta velocitat en fase concèntrica generava un moment d'inèrcia molt elevat, que a la vegada determinava una sobrecàrrega molt elevada que el dispositiu inercial aplicava en forma de energia cinètica sobre l'estructura muscular en la fase excèntrica de cada gest (Tous et al. 2006). D'aquesta manera, el grup experimental de la io-io, era l'únic que sofria una sobrecàrrega significativament superior en la fase excèntrica de l'exercici, amb els conseqüents símptomes de; rigidesa muscular, mal, inflamació i la pèrdua de la capacitat contràctil per part del múscul afectat. Per tant, pensem que una de les possibles causes per els resultats significativament negatius d'aquest grup en el post-test en relació al pre-test, pugui haver estat l'exposat anteriorment.

Per una altra banda, és possible que l'entrenament amb màquines inercials, encara que sigui un mitja que ha mostrat una important efectivitat per incrementar el rendiment de força i saltabilitat amb esportistes, necessiti d'un període d'adaptació més prolongat respecte al realitzat en aquest estudi de 6 setmanes amb dos dies per setmana, per produir els beneficis que se'ls ha atorgat en altres estudis.

Actualment als atletes se'ls exigeix un alt nivell de preparació. Estan subjectes a grans càrregues com a llargs períodes d'entrenament. Moltes vegades, ambdues situacions, treball específic de córrer i treball de força, el que provoca llargs períodes de recuperació, tant a nivell muscular com a nivell fisiològic.

Una altre factor important a tenir en compte és en el període en el qual es va realitzar els entrenaments com el post-test. Aquest període era el competitiu. En aquest període hi hauria d'haver una reducció de la càrrega, almenys en les dues setmanes anteriors a la competició, però si la càrrega ha estat molt elevada, com és el cas del treball excèntric, s'hauria de reduir aquest treball fins a 4 setmanes abans de la competició (González i Ribas, 2002).

A més, segons González i Ribas (2002) entre sessió i sessió d'entrenament de la força sempre hauria d'haver un interval de 48 hores, els quals no es varen poder complir, ni amb el grup experimental de la io-io, ni amb el grup experimental de pesos lliures, degut a les competicions i a les sèries específiques de córrer.

Per acabar, una manera per tal de veure si els atletes estaven en plenes condicions per la realització del post-test, hagués estat mitjançant l'avaluació del seu estat de fatiga, per tal d'evitar el que possiblement ha passat, que els resultats sortissin alterats degut a la fatiga acumulada dels entrenaments de córrer més els de força. Aquesta avaluació s'hagués pogut fer amb l'escala de Borg, i puntuar de l'1 al 10 la seva percepció de fatiga.



## 8. Conclusions

Els afectes aguts d'una sessió mitjançant la combinació de WBV i màquines inercials composta respectivament per; 4 sèries de 4 exercicis dinàmics de 30'' amb una intensitat progressiva que arribà fins a 45 Hz i amb un descans de 1' i de 3 sèries de 8 repeticions amb una pausa de 3' amb les màquines inercials, han resultat en una disminució de la força explosiva per part de tots els atletes estudiats.

El fet que en el nostre l'estudi, hàgim constatat una pèrdua tant en el salt SJ i CMJ, pareix confirmar els resultats d'estudis anteriors on la capacitat contràctil per part del múscul afectat, desencadena en un pèrdua de força explosiva que perdura més de 72 hores.

Pel que fa al grup que treballava amb pesos lliures, també han resultat en una disminució de la força explosiva per part de tots els atletes estudiats. Els 4 exercicis (1/2 squat, CEE, multisalts horitzontals i acceleracions) no han servit per millorar la capacitat de salt tant en el SJ i CMJ. Pensem que això és degut a la falta d'experiència per part dels atletes i degut a l'entrenament creuat de les sèries específiques de l'atletisme.

## 9. Bibliografia

ASKLING C, KARLSSON J, THORSTENSSON A. (2003). "Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload". *Scand J Med Sci Sports*, vol 13, núm 4, p. 244-50.

AECHLE, T; EARLE, R. (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*. Madrid: Panamericana.

BOSCO, C. (2000). *La fuerza muscular, aspectos metodológicos*. Barcelona: INDE.

BOSCO, C; IACOVELLI, M; TSARPELA, O; CARDINALE, M; BONIFAZI, M; TIHANYI, J; VIRU, M; DE LORENZO, A; VIRU A. (2000). Hormonal responses to whole body vibration in men. *Eur. J. Appl. Physiol*, vol 8 p. 449-454.

BROWN, L. (2008). *Entrenamiento de la fuerza*. Madrid: Panamericana.

CARDINALE M, LIM J. (2003). "Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies". *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol17, núm 3, p. 621–624

COMETTI, G. (1998). *La pliometría*. Barcelona: Inde.

DA SILVA, M; VAAMONDE, D; PADULLÉS, J. (2006). "Efectos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre la performance neuromuscular". *Apunts*, vol 84, 2º trimestre, p. 39-47.

DA SILVA, M; VAAMONDE, D; PADULLÉS, J. (2006). "Entrenamiento con vibraciones mecánicas y salud: efectos sobre los sistemas óseo, endocrino y cardiovascular". *Apunts*, vol 84, 2º trimestre, p. 48-57.

RHEA, M; BUNKER, D; MARÍN, P; LUNT, K. (2009). "Effect of isometric whole-body vibration on delayed-onset muscle soreness among untrained individuals". *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol 23, núm 23, p. 1677-1682.

GARCÍA-LÓPEZ, D. (2010). *Aplicaciones del entrenamiento excéntrico*. Madrid: EUM.

GARCÍA MANSO, J; VAZQUEZ, I; HERNANDEZ, R; TOUS, J. (2002). "Efecte de dos mètodes d'entrenament de la força sobre la musculatura extensora de l'articulació del genoll". *Apunts de medicina de l'esport*, vol 37, núm 139, p. 15-22.

GONZÁLEZ, J.J. (2000). Concepto y medida de la fuerza Explosiva en el deporte, posibles aplicaciones al entrenamiento. *Revista de entrenamiento deportivo (RED)*, Tomo XIV (1), 5-15.

GONZÁLEZ, J.J y GOROSTIAGA, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza, aplicación al alto rendimiento deportiva*. Barcelona: INDE.

GONZÁLEZ, J.J y RIBAS J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE.

HUM J. (2007). "Journal of human sport and exercise. Sport exerc." Official journal of the area of physical education and sport. Faculty of education. University of alicante. Spain. *An international electronic journal*, vol 2, núm 2, p. 1699-1605.

ISSURIN, V; TENENBAUM, G. (1999). "Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive in elite and amateur athletes". *J Sports Sci* núm 17, p. 177-82.

JIMÉNEZ, A. (2003). *Fuerza y salud, la aptitud músculo-esquelética, el entrenamiento de la fuerza y la salud*. Barcelona: Ergo.

JOHNSTON, R; BISHOP, B, COFFEY, G. (1970). Mechanical vibration of skeletal muscles. *Physical Therapy* 50, 499-505.

MANSILLA, I. (1994). *Conocer el atletismo*. Madrid: Gymnos.

MARÍN, J; JIMÉNEZ, A. (2010). *Fundamentos, medios y efectos de la estimulación neuromuscular mecànica. Entrenamiento mediante estímulos vibratorios*. Madrid: EUM.

MORAS, G; RODRÍGUEZ, S; TOUS, J; RANZ, D. (2010). *Análisis de la aceleración, frecuencia y amplitud de un sistema de barra vibratoria*. Madrid: EUM.

NACLERIO, F. (2011). *Entrenamiento deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Madrid: Panamericana.

PARADISIS, G; ZACHAROGIANNIS, E. (2007). Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 44-49.

PARDO-IBAÑIZ A, KORAL J. (2008). Centro internacional de rehabilitación del deportista. *La calderona. Universidad catolica de valencia. Ciencias de la educación. Actividad física y deporte*.

PORTA, J; MAS, J; PAREDES, C; IZQUIERDO, E; ALIAGA, J; MARTI, D. (2003). "efectos de una sesión de vibroestimulación en la fuerza màxima y explosiva de ciclistas y saltadores juniors". *Red: revista de entrenamiento deportivo*, vol 17, núm 4, p. 9-14.

RIUS, J. (2005). *"Metodología y técnicas de atletismo"*. Badalona: Paidotribo,

ROMERO, D y TOUS, J. (2011). *Prevención de lesiones en el deporte. Claves para un rendimiento deportivo óptimo*. Madrid: Panamericana.

SCHMIDTBLEICHER, D. (2000). "Ciclo estiramiento-acortamiento del sistema neuromuscular: Desde la investigación hasta la práctica del entrenamiento". *Resúmenes del 1er. Simposio internacional de fuerza y potencia relacionados con los deportes, la actividad física, el fitness y la rehabilitación*, p. 47-53.

TOUS, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.

TOUS, J; POZZO, M. (2010). *The isoinertial technology*. Madrid: EUM.

TOUS, J. MALDONADO, R. QUINTANA, J. POZZO, M. TESCH, P. (2006). "Theflywheel leg-curl machine: Offering eccentric overload for hamstring development." *Int J. Sports phusiol* vol 1 p. 293-298.

VÉLEZ, M. (2000). "Novedades en el entrenamiento de la fuerza". *III sesiones de estudio E.N.E.*, Madrid.

VERKHOSHANSKY, Y. (2006). *Todo sobre el método pliométrico. Medios y métodos para el entrenamiento y la mejora de la fuerza explosiva*. Barcelona: Paidotribo.