



Facultat de Psicologia, Ciències  
de l'Educació i de l'Esport Blanquerna

**Universitat Ramon Llull**

**Blanquerna, Universitat Ramón Llull**

# **Estudi descriptiu de la freqüència cardíaca durant una competició de CROSSFIT®**

Alumne: Josep Palau Rodríguez

Tutor: Dr. José Sánchez Malagón

Treball Final de Grau

## INDEX

<b>Agraïments</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract català</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract anglès</b> .....	<b>6</b>
<b>Introducció i justificació</b> .....	<b>7</b>
<b>PART I Estudi descriptiu de la freqüència cardíaca en una competició de Crossfit®</b>	
<b>Marc Teòric</b> .....	<b>9</b>
Una definició del Crossfit® .....	9
Programació i estructura del Crossfit® .....	10
Els aspectes metabòlics i fisiològics del Crossfit®, en base els principis fundacionals .....	12
El Crossfit® un nou esport .....	15
El model dels Crossfit Games .....	16
Un anàlisi dels aspectes metabòlics i fisiològics dels Crossfit Games .....	17
Una mirada crítica a la comercialitat del Crossfit® i la necessitat d'una validació científica: ..	22
Elaboració d'una competició de Crossfit® .....	24
Fisiologia de l'exercici: La resposta cardiovascular .....	25
Control de la freqüència cardíaca .....	25
Resposta cardiovascular en l'exercici .....	27
Cabal cardíac .....	28
Resposta cardiovascular en la realització de força .....	31
Resposta cardiovascular en les diverses zones metabòliques .....	31
En situació anaeròbica .....	32
En situació aeròbica .....	32
La freqüència cardíaca en el Crossfit® .....	32
<b>Metodologia</b> .....	<b>35</b>
Model d'anàlisi .....	35
Procediment .....	35
Eines metodològiques .....	35
Mostra .....	35
Anàlisi de dades .....	36

## Estudi descriptiu de la freqüència cardíaca durant una competició de Crossfit®

Aspectes ètics .....	36
<b>Resultats i discussió .....</b>	<b>38</b>
Dades subjectes, resultats Events i classificació de la competició.....	38
Discussió de resultats .....	39
<b>Valoració Final .....</b>	<b>50</b>
<b>Aplicació Pràctica .....</b>	<b>52</b>
<b>Limitacions i línies futures .....</b>	<b>53</b>
<b>Referències bibliogràfiques .....</b>	<b>54</b>
PART II Documentació presentada als subjectes d'estudi	
<b>Informe consentiment .....</b>	<b>56</b>
<b>Qüestionari PAR-Q You .....</b>	<b>58</b>
<b>Formulari inscripció .....</b>	<b>59</b>
<b>Presentació de l'estudi .....</b>	<b>60</b>
<b>Events Competició .....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEX:</b>	
<b>Recull de Documentació .....</b>	<b>63</b>

## **Agraïments.**

*Aquest TFG està dedicat a la Maria, la meva parella, per què només ella coneix la dimensió real del sacrifici que ha comportat per mi realitzar el Grau en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport, i com aquest TFG el considero un símbol d'aquest.*

*A la Patricia, la meva estimada germana, per què passarà tot una vida i no hi haurà dia que no pensi en tu, que no et trobi a faltar, i en com m'agradaria compartir moments com aquest amb tu. Sempre vas creure en mi, i aquesta és la meva resposta a la teva confiança, sempre seràs un far que m'il·lumina.*

*Al Vicenç, a vegades hi ha germans que no ho són per una qüestió sanguínia, sinó per essència. No puc més que agrair-te que sempre hakis evitat que caigui en l'autocomplaença i m'empenyis dia a dia a ser millor.*

*I a la meva mare. Per tot el que hem passat.*

## **I els agraïments:**

Al Dr. Bernat Buscà, per la seva manera d'explicar i transmetre la passió de la Teoria de l'Entrenament, que em va fer plantejar el TFG en aquest sentit.

A la Dr. Myriam Guerra, per ajudar-me a trobar la bibliografia necessària, per tenir un espai per mi quan el vaig necessitar, i per transmetre també, aquesta passió per la fisiologia de l'entrenament.

Als professors Chema Olave i Ton Fíguls, per ajudar-me a aprofundir en la teoria de l'entrenament, per respondre els meus dubtes, per guiar-me a través de les seves classes amb el TFG i solucionar-me aspectes del Marc Teòric.

I especialment, al meu tutor, Dr José Sánchez, pel seu acompanyament, per donar-me la idea, per transmetre'm confiança en el projecte i animar-me en cada tutoria.

I òbviament, a tots els atletes que s'han prestat a l'estudi, per buscar dos dies seguits, en uns horaris determinats. Especialment també, a l'Alex Navales, de Crossfit Poblenou, per totes les facilitats que m'ha donat, i deixar-me utilitzar el BOX com si fos meu.

Especial agraïment a Crossfit Poblenou.



**A tots ells, Gràcies!**

## Abstract català.

**Antecedents:** Crossfit® és un esport emergent que encara té poca base de validació científica. En l'inici del TFG, no s'ha trobat cap estudi respecte el comportament de la freqüència cardíaca (FC) en una competició.

**Objectius:** Establir el comportament de la FC durant el transcurs d'una competició en les diverses modalitats d'aquesta. De manera secundària a través del comportament valorar si es confirmen els elements fundacionals del Crossfit® com un element que potència el metabolisme anaeròbic i facilitar-ho com un anàlisi de control en l'entrenament.

**Mètode:** Atletes de Crossfit, masculins i femenins, que han participat en els Open dels Crossfit Games en modalitat RX (N = 6) que van realitzar 6 WODs anomenats Events, durant 2 dies seguits i exactament en el mateix horari, en dies diferents. Els WODs responien teòricament a una càrrega principal de: Event 1, capacitat làctica i força resistència làctica; Event 2, aeròbic glucolític; Event 3, força màxima; Event 4, potència làctica; Event 5, potència aeròbica i força resistència làctica; Event 6 potència aeròbica i força resistència làctica. La FC es va registrar amb un Polar RCX800.

**Resultats:** La FC Màxima detectada ha estat de  $189 \pm 5,5$  bpm al Event 2, el comportament de la FC Mitjana dels Event 5 i 6, més habituals del Crossfit® han presentat una FC Mitjana de  $168,59 \pm 8,62$  bpm i  $166,64 \pm 7,32$  bpm respectivament, sent un 85% i 84% de la intensitat respecte la FC Màxima del Event 2. Si desglosem les proves en comportament parcial, a Event 6 veiem com la intensitat passa del 75% del primer quart, al 89% en l'últim quart, arribant al 95% de la intensitat en els últims moments. Event 5, té un comportament similar, del 78% al 92%, arribant al 96% d'intensitat.

**Valoració:** Manquen establir proves d'esforç i proves de lactat per determinar els líndars, amb el que no pot ser un estudi concloent, per contra si és descriptiu. Valorant els resultats de manera desglossada i observant les gràfiques, es pot considerar que en les proves habituals Event 5 i 6; el comportament sembla validar un comportament en la zona de capacitat làctica i força resistència làctica. De validar-ho, es demostraria el treball en intervals i confirmaria els elements fundacionals del Crossfit®.

**Paraules clau:** Crossfit®, freqüència cardíaca, capacitat làctica, força resistència làctica.

## Abstract anglès.

**Foreword:** Crossfit® is an emerging sport that nowadays lacks scientific validation. At the beginning of the present work, no previous study regarding Heart Rate (HR) behavior in a competition was found.

**Goals:** Model the HR behavior during a competition and its various modalities. As a second goal, evaluate through the HR behavior if the Crossfit® foundational pillars boost the anaerobic metabolism, serving as a training control analysis.

**Methodology:** Both male and female athletes that participated in the Open of the Crossfit Games in the RX (N=6) modality performed 6 WODs, called Events, for 2 consecutive days within the same exact schedule, in different dates. The WODs theoretically correspond to a main load of: Event 1, lactic capacity and muscular lactic stamina; Event 2, glycolytic aerobics; Event 3, maximum strength; Event 4, lactic power; Event 5, aerobic power and muscular lactic stamina; Event 6, aerobic power and muscular lactic stamina. The HR was registered with a Polar RCX800.

**Results:** The maximum detected HR is  $189 \pm 5,5$  bpm at the Event 2. The average HR behavior at the Events 5 and 6, which are the most common Events in Crossfit®, presented an HR average of  $168,59 \pm 8,62$  bpm and  $166,64 \pm 7,32$  bpm respectively, being an intensity of 85% and 84% compared to the maximum HR at the Event 2. If the tests are analyzed by partial behavior, at the Event 6 it is observed that the intensity goes from 75% of the first quarter to 89% of the last quarter, reaching 95% at the last moments. The Event 5 has a similar behavior, going from 78% to 92% and reaching 96% of intensity

**Discussion:** There is a lack of effort and lactate tests able to determine the thresholds, which allows a descriptive but not conclusive study. Evaluating the results selectively and observing the graphs it can be considered that in the Events 5 and 6 the behavior seems to validate the expected area of lactic capacity and muscular lactic stamina. This would prove the interval work and confirm the Crossfit® foundational pillars as a boost of the anaerobic metabolism.

**Keywords:** Crossfit®, heart rate, lactic capacity, muscular lactic stamina.

## **Introducció i Justificació.**

Vaig descobrir el Crossfit a mitjans del 2014, més com una curiositat professional de l'esport que pel que coneixia, i des d'un primer moment vaig connectar-hi. Malauradament, no podia realitzar-ho amb regularitat, i no va ser fins a principis del 2016 que no el vaig començar a practicar en ferm. Convergien així, dos elements vocacionals, el Grau en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport i Crossfit®.

Actualment, sóc entrenador habilitat per Crossfit®, amb disposició del Crossfit Level 1 Trainer, i professionalment em plantejo formar-me com a preparador físic d'un esport emergent. Aquest TFG és una oportunitat per aprofundir en una disciplina nova i amb possibilitats a explorar. Més quan al ser un esport nou, encara té mancances, sent la principal una falta de literatura acadèmica que ajudi al control de l'esport, i validi la forma més òptima d'entrenament pels atletes que busquen una professionalitat.

El TFG respon a la situació. No existeix encara un anàlisi d'avaluació de l'atleta en competició; no es troba confirmat quina demanda de càrrega hi ha en competició, en els entrenaments, i com es poden quantificar. En aquest sentit he escollit realitzar un estudi descriptiu de la freqüència cardíaca (FC) durant el transcurs de la competició. És una resposta fisiològica immediata, senzilla de mesurar i que pot donar molta informació; sent una primera exploració que pot ajudar-me com a preparador físic en un futur. Hem d'entendre aquest TFG com una primera pedra, un primer pas, per començar a tenir estudiat, controlat i quantificat els elements fisiològics que es demanen, com succeix en els esports dominants.

Entrant en el contingut, primer, realitzo un aprofundiment sobre què és exactament el Crossfit®, establint una definició d'aquest, basant-me principalment en l'article fundacional del Crossfit® com un sistema d'entrenament. Donada la importància al condicionament metabòlic que realitza Greg Glassman, fundador i autor de l'article fundacional, entenc que és una oportunitat relacionar el comportament de la FC amb les diverses demandes metabòliques i fisiològiques del Crossfit, sent aquest el criteri descriptiu. També, de manera secundària em permetrà comprovar quan de cert hi ha en la base fundacional de l'esport.

El TFG recull per tant, l'estructura i model dels Crossfit Games, i els elements fisiològics i metabòlics aquesta competició, a partir d'aquí es pot elaborar la Competició que realitzaran els nostres subjectes d'estudi, i s'establirà en el Marc Tèoric, sense especificar-ho com Hipòtesi, quin serà el comportament metabòlic en cada "Event" de la Competició.



Finalment, i més com una segona part del Marc Teòric, establiré quin és el funcionament de la FC des de la fisiologia de l'entrenament. A partir d'aquí, ja es procurarà relacionar quin és el comportament de la FC en les diverses proves i situacions de Crossfit® basats en els coneixements desenvolupats per la Teoria de l'Entrenament, i sempre des del concepte teòric.

Un element important, és que l'estudi tingui un caràcter viable. En aquest sentit, el que s'ha prioritzat i per sobre de la mostra, ha estat estandarditzar els horaris de la competició. Tots els atletes han participat si bé en dies diferents, en la mateixa hora del nostre cicle diari. La mostra ha estat restrictiva, necessitar atletes de nivell, durant 2 dies, en horari laboral, i amb un compromís en un mateix horari, ha necessitat d'una forta recerca, i s'han hagut de desestimar altres subjectes possibles. És per això, que sempre parlaré d'aquest TFG com una primera pedra, per a construir un coneixement de la fisiologia del Crossfit® que permetrà als preparadors físics ser cada cop més òptims en la preparació dels atletes. Estic segur que de ben segur començaran també altres pedres, i personalment estaré encantat que aquest estudi es pugui ampliar.

Finalment, comentar que realitzar aquest treball, si bé ha comportat un volum de feina important, estic molt content de com m'ha fet créixer com a professional i com he aprofundit en un esport que l'he convertit en una vocació. Per mi és un plaer compartir aquest coneixement a través d'aquest TFG.

## Marc Teòric.

### Una definició del Crossfit®.

El Crossfit®, en les seves diferents definicions per part d'entrenadors, atletes i especialment des de la definició que fa la seva marca registrada, és una resposta a la recerca de la fórmula del fitness més ampli, general i inclusiu possible, de manera que es pugui preparar de manera completa en totes les capacitats condicionals de la preparació física, a qui participa. És una resposta atractiva al fitness, plantejada com un repte (Glassman, 2002). Marko Petrik (2014), Head Coach de Crossfit EO Munich, el primer centre amb llicència Crossfit® a Europa, defineix l'atracció a la disciplina com una petita lluita a favor de la supervivència física, en una vida sovint sedentària i carregada d'estrès psíquic que es busca trencar amb l'exigència de les seves sessions, sobrepassant límits físics personals, on un s'ha d'esforçar constantment per superarles.

El fundador i propietari de Crossfit, Inc, Greg Glassman, busca donar una primera definició del Crossfit® de manera científica, com l'entrenament en moviments funcionals complexos amb constant variació i executat a alta intensitat. Els moviments impliquen diversos grups musculars i articulacions, de manera natural i eficient, procurant moure les màximes càrregues, de manera resistida, ràpidament i amb una intensitat alta (Glassman, 2002).

La metodologia del Crossfit® es basa en aquest treball dels moviments funcionals en objectiu a tres premisses bàsiques, que Glassman (2002) anomena els estàndards del Crossfit®. El primer estàndard es basa en assolir un condicionament físic general que desglossa en en les següents capacitats condicionals, o les 10 habilitats físiques en la definició de Glassman (2002):

- Resistència cardiovascular i respiratòria (Anaeròbica i aeròbica).
- Estamina (Capacitat en fatiga, "stamine").
- Força
- Flexibilitat
- Potència
- Velocitat
- Coordinació
- Agilitat
- Equilibri
- Precisió

Els moviments, respondran a un moviments de l'halterofília olímpica, control de càrregues de pes i producció de potència, i la gimnàstica artística de manera bàsica, pel control del cos i el rang de moviment. En aquest sentit s'entrenarà la capacitat anaeròbica principalment, però s'afegiran elements de rem, o bici, natació i cursa, per afegir la capacitat aeròbica (Glassman, 2003).

El segon estàndard, respon a que el domini total de les 10 habilitats físiques d'un atleta es basa en abandonar la programació coneguda, del treball per sèries, períodes de descans, repeticions, ordre. Trenca amb la Teoria del Entrenament establerta, i es basa en que l'Atleta ha de ser completament sorprès. Glassman (2003) parla del: "The Hopper", una tremuja on posa tota la diversitat d'exercicis i capacitats condicionals requerides, i s'escullen per sorteig. Aquest concepte trenca completament amb la planificació de l'entrenament, i el motiu és que un atleta de Crossfit® ha de respondre millor en el resultat global, no en la especificitat d'una condició física.

El tercer estàndard, és basa en el treball de les tres vies metabòliques. Glassman (2003) parla dels "motors metabòlics" coneguts com la via fosfagènica, la via glucolítica, i la via oxidativa; és on pròpiament parla dels aspectes fisiològics del Crossfit® centrant-se en el comportament de les zones metabòliques. Posteriorment desenvoluparem el concepte que té Greg Glassman sobre el tercer estàndard, fent que sigui l'element clau de la seva programació.

### **Programació i estructura del Crossfit®.**

Per assolir el condicionament físic, Glassman (2002), proposa el Work of the Day (WOD), que varia a cada dia, amb un model de programació propi. El WOD, consta d'un conjunt dels moviments funcionals combinats en circuit dissenyat entre 5' i 20' i sempre basats en els tres estàndards explicats.

Glassman (2003) teoritza sobre la programació i l'estructura de l'entrenament del Crossfit® respecte els WODs. Realitza una plantilla, que s'ofereix en la formació dels entrenadors de Crossfit®, i acaba orientant la dinàmica dels BOX, sent modelada una mateixa estructura. Els BOX són l'espai on es practica l'entrenament, anomenats així perquè en els orígens s'entrenava en els garatges interns de les cases unifamiliars de San Diego, anomenats BOX.

L'estructura dels WOD es classifica per modalitats, existint una dominant, o sent combinades. Les modalitats es desglossen en Gymnastics (Gimnàstica), Weightlifting (Halterofília), Metabolic (Metabòlic). En aquesta classificació es recullen els moviments, on cada modalitat té uns determinats exercicis:

Gimnàstica	Halterofília	Metabòlic
Air Squat, Lunge, Jump	Deadlift	Run
Pull-Up, Push-Up-Dip	Clean, &Jerk, Snatch	Bike
Hanstand Push Up, Hanstand	Presses	Row
Sit-Up, Back Extension	Kettlebell	Jump Rope
Muscle-Up, Rope Climb	Medicine Ball Drills	

Figura 1: Recull dels exercicis basics del Crossfit® segons modalitat. Font: Training Crossfit Guide, 2016

Els entrenadors poden combinar els diversos exercicis de les modalitats, poden escollir treballar només amb una, amb dues modalitats (Couplet), o totes tres (Triplet). Es pot donar situacions on es faci un Couplet d'una mateixa modalitat, inclús un Triplet, o un Triplet de dues modalitats. Si es volen repetir elements de la mateixa modalitat i supera els tres elements dins d'un *WOD*, se'l coneix com a Chipper (Training Crossfit Guide, 2016).

Cal especificar, que si es decideix treballar amb elements de Gimnàstica i/o d'Halterofília sense la modalitat de metabòlic, no vol dir que no es treballin les diverses vies metabòliques; aquesta modalitat, és només un nom classificatori (Glassman 2003).

Els exercicis, dins d'un *WOD* s'organitzen per Time Priority (prioritza el temps) o Task Priority (prioritza la tasca) (Petrik, 2014).

- Task priority: És realitzar un seguit de repeticions d'exercicis, o rondes d'exercicis, en el mínim temps possible. Estan definides les tasques, no el temps. S'anomenen:
  - For Time (Per temps), estan escrites les repeticions
  - Rounds For Time (Rondes per temps), estan escrites les rondes i repeticions.
  - EMOM (Every minut on the minute, cada minut en el minut) realitzar la tasca encomanada abans de finalitzar el minut, els segons que sobren són de recuperació. Tantes com rondes es marquin.
  - Death By (Mort per, és un EMOM, però si no finalitzes la tasca en el minut, quedes eliminat).
- Time priority: En un temps determinat, s'han de realitzar el màxim de rondes o repeticions. Està definit el temps, no les repeticions de tasques. S'anomenen:
  - AMRAP (As many rounds or reps as possible, tantes repeticions com sigui possible) en un temps estipulat.
  - Tabata, 8 rondes de 20 segons de treball i 10 segons de descans.

Glassman (2003) introdueix "The Girls", són "benchmarks", marques que serveixen per registrar les millores de l'entrenament. Aquestes tenen l'estructura d'un *WOD*, i poden servir com exemple:

- “Cindy” és un AMRAP de 20 minuts, que consisteix en 5 pull-ups, 10 push-ups, 15 squats. S’han de realitzar tantes rondes com es pugui en els 20 minuts.
- “Fran” és un For Time, de 21-15-9 repeticions de Thrusters/Pull-Ups (Thruster és un esquat frontal amb barra, que amb l’extensió la barra ha de passar per sobre el cap). El pes de la barra és 42.5 Kg per Home, i 30 Kg per dona.

Els entrenadors varien i planifiquen un WOD diferent a diari, per tant, la variabilitat d’aquests sempre dins dels paràmetres és infinita, un exemple d’un WOD que es citarà:

- “Donkey Kong”: és un For Time, de 21-15-9 repeticions de Burpees (Flexió al terra + Squat partint des d’abaix + Finalitzant en salt) / Kettlebell Swing (elevant la Kb per sobre el cap) / Box Jump (saltar sobre la caixa) (Babiash, 2013)

Marco Petrik (2014) ens dona referències, considera que en iniciats, les Rondes de Cindy es mouen per sota les 10, en atletes avançats, arriben a les 20, i els atletes dels Games es mouen en les 30. Pel que fa a Fran, els temps dels iniciats supera els 10’, en atletes avançats es queden en els 5’, i els atletes dels Games fan temps de 2’-2’30’’.

Un cop determinat el WOD, Petrik (2015) exposa l’estructura de l’entrenament:

- I. Escalfament general
- II. Mobility – Mobilitat, es treballa el rang de moviment articular en base al WOD
- III. Warm Up: Escalfament específic en base al WOD
- IV. Skill or Strength: Tècnica dels moviments funcionals, en base al WOD o entrenament de Força en series de 1-5RM a +85%
- V. WOD: Work of the day
- VI. Cool-Down: Tornada a la calma

## **Els aspectes metabòlics i fisiològics del Crossfit®, en base els principis fundacionals.**

En l’article fundacional, l’estàndard més desenvolupat és el tercer, el factor de treball metabòlic del Crossfit®. Parlen amb propietat científica respecte la fisiologia de l’entrenament i on es desenvolupa un marc teòric, propi del mètode científic, amb referències respecte a la investigació realitzada sobre el treball en intervals.

Glassman (2002) explica que la primera via, mitjançant el fosfagen es regeixen les activitats de major potència, aquelles que es troben per sota dels 10 segons. La glucolítica, regeix les de potència moderada, que es poden prolongar fins a dos minuts, i la tercera, l’oxidativa, governa les de baixa potència i s’allarguen per sobre dels dos minuts.

## Estudi descriptiu de la freqüència cardíaca durant una competició de Crossfit®

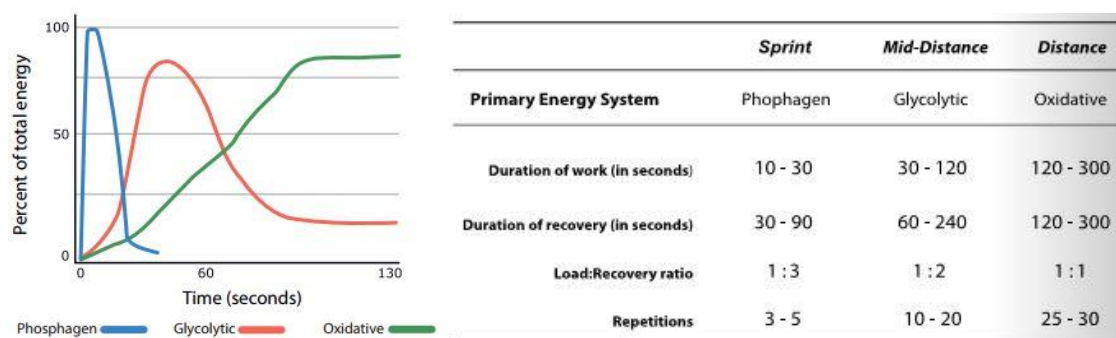


Figura 2: Explicació del comportament metabòlic en l'article fundacional del sistema d'entrenament Crossfit, What is Fitness?. Font: Glassman (2002).

Glassman (2002) anomena “cardio” aquest treball metabòlic. Considera que el treball si bé hi ha l'específic de rem, bici, córrer, etc. S'afegeix en les altres modalitats al incorporar el treball per intervals, i no considera possible l'entrenament total si no s'assoleix una competència i domini en totes les vies metabòliques. Però també teoritza sobre la importància de la via fosfagènica, i glucolítica per sobre l'oxidativa, buscant crear sempre adaptació en les dos primeres i no en l'oxidativa. Parteix de la base dels estudis de Seiler, citat per Glassman (2002). Malauradament no he accedit als articles originals del Dr. Seiler, al no estar citats en format APA amb els que Glassman feia la seva defensa, però sí que hi ha una versió actualitzada del seu treball a l'any 2010, que posteriorment explicitaré, doncs és d'on es nodreix científicament el Crossfit®.

A través dels estudis de Seiler (2010), Glassman (2002) defensa el model del treball en intervals. Considera que l'adaptació cardiovascular es basa en un augment del consum d'oxigen, posteriorment de l'umbral anaeròbic, i finalment en l'eficiència metabòlica. A través dels treballs per intervals és com s'assoleix el treball d'aquestes fases, i no es recomana per part de Seiler (2010) el treball amb alta càrrega oxidativa inclús per l'endurança, doncs hi ha inclús un procés de catabolització muscular. És així, com Crossfit® es defineix per promoure un entrenament d'alta intensitat, en tantes modalitats diverses com sigui possible, mitjançant esforços principalment anaeròbics, descartant la especificació en una sola modalitat.



Figura 3: Jerarquia teòrica del desenvolupament d'un atleta. Font: Glassman (2002).

Per visualitzar la importància que atorga Glassman (2002) a la condició metabòlica, estableix una jerarquia (figura 3) on si bé l'element principal és la nutrició, dins de l'entrenament, considera el “cardio” com el principal, per sobre de la gimnàstica o l'halterofília, considerant aquesta la jerarquia bàsica en l'entrenament de qualsevol esport.

Respecte l'halterofília i la gimnàstica, en destaca el treball neural que es necessita, sent clau pel desenvolupament de la coordinació, així com el treball de potència i força màxima que activa les fibres explosives. També consideren que hi ha una fora resposta endocrina, que ajuda al desenvolupament de les habilitats atlètiques. En tot cas, tant Glassman (2002) com la Training Crossfit Guide, no desenvolupen altres aspectes fisiològics o metabòlics en el Crossfit, si bé Glassman confecciona una gràfica (figura 4) de quines són les principals vies metabòliques utilitzades.

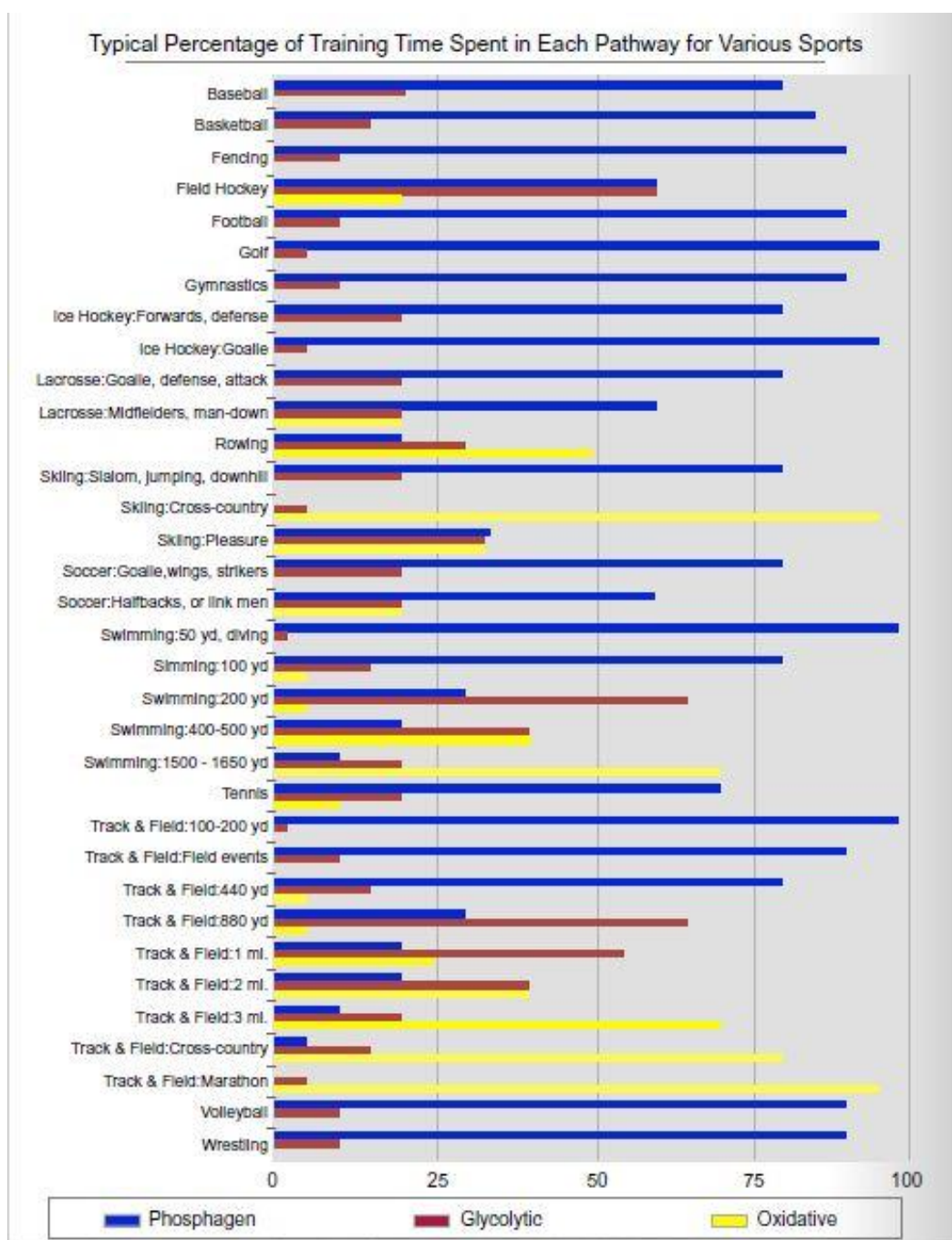


Figura 4: Gràfica de la utilització de les vies metabòliques dels diversos esports més practicats a Estats Units. Font: Glassman (2002)

## **El Crossfit®, un nou esport.**

Citant Glassman (2002), Crossfit® aprofita la “natural companyonia, competició i diversió en l’esport” comporten en l’entrenament un element de motivació. La possibilitat de registrar els temps com a resultat, amb unes regles que ho validen; permet la comparació, i la comparació permet la competició. Si afegim que en el vocabulari de la marca, parlen dels practicants de l’esport, com atletes, podem començar a entendre com només a Catalunya, es va passar del primer BOX de Crossfit® (Reebok Crossfit BCN) al juny del 2014, als 65 actuals segons dades de Crossfit® Afiliates, demostrant un creixement exponencial fins al moment en aquests últims 3 anys.

Aquesta forma d’enfocar l’entrenament com un repte, amb una marca de temps, pes aixecat o el conjunt de repeticions assolides, tot amb un moviment tècnic estandarditzat, crea la competició i dona la oportunitat a realitzar esdeveniments esportius. Glassman (2002) para d’atletes, i defineix als seus alumnes com atletes, doncs són “persones que es troben entrenades o preparades per qualsevol situació que requereixi força, potència, equilibri, agilitat i flexibilitat”.

Glassman (2002) parla que la persona més en forma només es pot resoldre amb un determinat entrenament que anomena Crossfit®. Per tant, la competició ha estat una evolució lògica. Un cop el Crossfit® comença a tenir implantació va sorgir al seu Estat d’origen, Califòrnia, la primera competició al 2007.

Parlebas (2008) defineix l’esport com una situació motriu de competició reglada i institucionalitzada. Els Crossfit Games, entren dins de la definició en la seva primera competició reglada el 2007, degut que a partir d’aquesta s’institucionalitza com a competició de màxima categoria. Justin Berg (2013) manager dels Crossfit Games, els defineix com l’esport del fitness. És important entendre aquest moment, ja que el que des d’un moment es conceptualitza com un sistema d’entrenament, entra dins de la definició de ser un esport, i es possible considerar que aquesta transformació d’un sistema d’entrenament en esport es suma a l’aspecte motivacional i de repte del Crossfit®, i possibilita la seva forta expansió.

Cecil (2015) ens resum la història cronològicament de la màxima competició d’un esport molt recent:

- El 2007 s’introdueix “l’Esport de l’Entrenament” (Cecil, 2015) quan 70 atletes es reuneixen per competir, en unes proves desconegudes, al ranxo de Dave Castro, que serà el Director dels Jocs fins al moment. El premi són 500 \$ pel primer classificat.



- 2009 Hi ha una expansió global, es realitzen classificatoris previs, i participen atletes de Canada, Europa i Australia. S'ha obert participació a tots els continents. El premi s'eleva a 5.000 \$ i es reparteix un total de 10.000 \$ en premis.
- 2010 L'assistència de públic comença a massificar-se, motiu pel qual traslladen la competició al StubHub Center (Estadi de fútbol de Carson, California). El premi s'eleva a 25.000 \$, i un total de 50.000 \$ en premis.
- 2011 El canal televisiu esportiu, contracta oferir en directe els Crossfit Games per streaming a la seva web ESPN3. Firmen acord de patrocini amb Reebok, passant-se a dir "Reebok Crossfit Games". El premi s'eleva a 250.000 \$, i 1M \$ en premis.
- 2013 El canal ESPN3 ofereix directament la emissió per televisió.
- 2015 S'institucionalitzen els Crossfit Games com un incipient esport de massa a Estats Units, amb unes 16,5 hores de cobertura per part de la ESPN durant la data de la competició.

Parafraçant Glassman (2002) en l'article fundacional, Dave Castro (Every Second Counts, 2008) defineix l'eslògan dels Crossfit Games: "The Crossfit Games are the world's premier test to find the Fittest on Earth™". Sota l'eslògan, hi ha una estratègia comercial per massificar la competició, que ha provocat la seva explosió, i una expansió global d'aquesta disciplina, on també existeix la reproducció de model de competició, en els àmbits locals i nacionals on es desenvolupa el Crossfit®.

### **El Model dels Crossfit Games.**

Els Crossfit Games, segons divers recull documental, es visualitza com un Test. La filosofia dels organitzadors és provar les capacitats condicionals establertes en la definició de Crossfit®. Matt Chan (The Fittest Test, 2013), atleta dels Crossfit Games, cita a Glassman (2002) per definir els jocs com "provar la capacitat de respondre en qualsevol moment i situació". Justin Berg (The Fittest Test, 2013) parla de realitzar un test científic de la definició de fitness recollida en l'article fundacional del Crossfit. Realitzar prova que es pot observar, mesurar i repetir, sense oblidar que busquen sorprendre trobar els punts on només poden arribar els més preparats. En els passats Crossfit Games, aquests van ser els WODS plantejats:



Figura 5: Workouts dels Crossfit Games 2016 Font: Crossfit Games (2016)

### Un anàlisi dels aspectes metabòlics i fisiològics dels Crossfit Games.

La variabilitat de les proves, de buscar una combinació que constantment sorprengui els límits dels atletes (Castro, 2013), al ser un sistema innovador dins de la disciplina de l'entrenament, i que encara no s'hagi estudiat des de l'òptica de les condicions físiques requerides en la competició del Crossfit® més enllà del propi article fundacional, dificulta la classificació. De moment no hi ha cap bibliografia que en faci una classificació. En aquest sentit, en base als coneixements adquirits a Teoria i Càrrega de l'Entrenament (Buscà i Figuls, 2017) juntament amb referències establertes per Garcia Verdugo (2007) i Garcia Manso (2006) realitzarem una classificació dels elements metabòlics i fisiològics que intervenen en les proves.

Capacitat Condicional	Zona metabòlica	Descripció i temps de zona	Sigles
Resistència bàsica	Aeròbic Lipolític	Esforz perllongat utilitzant lípids 2h	AEL
	Aeròbic Glucolític	Esforz perllongat vorejant llinar, 45'	AEG
Resistència Mixta	Capacitat Aeròbica	Esforz vorejant consum màxim O2, 20'	CAE
	Potència Aeròbica	Màxima utilització O2, 8'	PAE
Resistència Velocitat	Capacitat Làctica	Extensió de la glucòlisi làctica, 3'	CLA
	Potència Làctica	Màxima utilització glucòlisi làctica, 50''	PLA
Velocitat	Capacitat Alàctica	Extensió esforç en potencia màxima, 15''	CALA
	Potència Alàctica	Màxima potència, 5''	PALA

Força Màxima	Zona Neural i Alàctica	Màxim esforç de coordinació intramuscular, 5''	FMI
Força Explosiva	Zona Alàctica	Màxim esforç de coordinació intermuscular, 10''	FE
Força Resistència Alàctica-Làctica	Capacitat Alàctica i Potència Làctica	Capacitat de mantenir un elevat nivell de força durant 20''	RFALA
Força Resistència Làctica	Capacitat Làctica	Capacitat de mantenir un elevat nivell de força durant 1'	RFLA
Força Resistència Làctica-Aeròbica	Capacitat Làctica i Potència Aeròbica	Capacitat de mantenir la força durant 5'	RFLAE
Força Resistència Aeròbica	Aeròbic Glucolític	Esforços de força repetits sense superar Llímit de Lactat	RFAE

Figura 6: Classificació de les diverses capacitats condicionals predominants en base el seu temps de duració i zones metabòliques. Font: Elaboració pròpia a través de Fíguls (2017).

**Event 1:** Va consistir en 7 km de trail, que es va moure en base als 40 minuts. Aquesta té una demanda metabòlica en aeròbic glucolític (AEG).

**Event 2:** Aixecar el màxim pes possible en pes mort. Demanda clara de força màxima intramuscular (FMI).

**Event 3:** WOD amb 3 estacions d'execució ràpida en esprint, però que es mou en base als 5 minuts. Els factors metabòlics demandats serien de potència aeròbica (PAE) i capacitat làctica (CLA), sent de caràcter mixt intensiu. Afegint també una resistència a la força de caràcter làctic (RFLA).

**Event 4:** WOD senzill de 500 metres de natació en aigües obertes, entorn els 8 minuts. Predominantment seria una demanda de potència aeròbica (PAE).

**Event 5:** WOD que consisteix en 2 milles de carrera i 500 repeticions d'exercicis gimnàstics (dominades, flexions i esquats). Es mou entre els 35 i 45 minuts en atletes molt entrenats. Al tenir diverses estacions i opcions de pausa, parlariem en un global de la capacitat aeròbica (CAE), i de la força resistència làctica-aeròbica (RFLAE).

**Event 6:** WOD de força màxima intramuscular (FMI) que també contempla la rapidesa d'execució global de diverses repeticions de força màxima, amb el que contemplariem la Força Resistència Làctica en esforç màxim (RFLA).

**Event 7:** WOD que contempla una força resistència de càrregues elevades, per tant de caràcter làctic (RFLA) i que es mou en base als 12 minuts degut a que hi ha força micropauses o pauses de recuperació. A nivell metabòlic considero que l'atleta treballa al límit de la seva potència aeròbica (PAE).

**Event 8:** Diverses estacions que combinen carrera de 500 metres, seria una Capacitat Làctica Extensiva (CLA) però predominant la potència aeròbica (PAE) per l'escassa recuperació, així com l'afegit d'ascensos a corda i desplaçar càrregues resistides, resistència de força làctica (RFLA).

**Event 9:** Exercicis gimnàstics de manera repetida, resistència de força làctica (RFLA) al existir micropauses de recuperació, durant 15 minuts, el que ho fa una càrrega que contempla la capacitat aeròbica més glucolítica (AEG).

**Event 10:** Un esprint clar, de salts i aixecaments de resistència de força làctica (RFLA), per sota dels 3' sent una càrrega de capacitat làctica (CLA).

**Event 11:** Un altre esprint de 2', que contempla a part de la capacitat làctica (CLA) la força resistència làctica (RFLA).

**Event 12:** Esprint de carrera en ziga zaga, de 240 metres i per sota del minut, que contempla principalment la via de la potència làctica (PLA).

**Event 13:** Esprint 170 metres arrastrant un pes de 105 Kg. Prova que es mou entre el minut i minut i mig, Força resistència làctica (RFLA) de capacitat Làctica (CLA).

**Event 14:** Diverses estacions de caràcter metabòlic, que acumulats es mouen entorn els 8 minuts. Factor de càrrega clar de Potència Aeròbica (PAE), ajudat per la capacitat làctica de l'atleta en moments puntuals d'esprint (CLA).

**Event 15:** WOD pròpiament de resistència de força làctica (RFLA), per una qüestió de micropauses, arriba fins als 8 minuts, amb el que hi haurà una demanda de potència aeròbica (PAE) mixta amb capacitat làctica (CLA).

Relació de sol·licitacions dels aspectes metabòlics/fisiològics als WODS dels Crossfit Games 2016						
AEG	FMI	PAE	CLA	RFLA	RFLAE	CAE
1	2	6	5	8	1	2

Taula 1: Aspectes metabòlics demandats en els Crossfit Games, principalment força resistència làctica i potència aeròbica. Llegenda: AEM (Aeròbic glucolític); FMI (Força Màxima Intramuscular); PAE (Potència Aeròbica); CLA (Capacitat Làctica); RFLA (Resistència Força Làctica); RFLAE (Resistència Força Làctica-Aeròbica); AEI (Capacitat Aeròbica).

Un cop desglossat, podem visualitzar que principalment es demana tenir una adaptació de força resistència làctica, una bona potència aeròbica i capacitat làctica principalment. Es coincideix per tant, en l'aspecte fundacional del Crossfit®. Malgrat es parli de la no especialització, l'aspecte que surt principalment i segurament serà l'adaptació més completa que tindrà l'atleta, serà la força resistència làctica. Degut a que existeixen proves amb grans càrregues i de força màxima, i igualment dins dels WOD es solen moure càrregues elevades, es sol considerar la força màxima en una visió exterior, com l'element principal. Però, havent desenvolupat quina es la demanda fisiològica més destacada en What is Fitness de Glassman (2002), i el desglossament dels Games, considero que la Força Resistència Làctica, així com la Capacitat Làctica són les adaptacions necessàries.

Cert, que adquirir una bona força màxima intramuscular ens permet treballar amb resistències menors per arribar a crear adaptacions de força resistència làctica. És a dir, si un atleta té un moviment d'halterofília de 80 kg; la sol·licitació que li pot representar aquest moviment de 70 Kg en varies repeticions, serà molt major que si té el moviment en 120 kg. A partir d'aquí, podrà entrenar les repeticions per crear l'adaptació a la resistència làctica de manera més còmoda.

Analitzant edicions passades:

Crossfit Games 2015							
Dia 1		Dia 2		Dia 3		Dia 4	
Pier Paddle	AEM	Murph	RFLAE - CAE	Sprint Course I	PLA	Midline Madness	RFLA-PAE
Sandbag	RFLAE - CAE	Snatch Ladder	FMI	Sprint Course II	PLA	Pedal 2 Metal I	RFLA-CLA
		Heavy DT	RFLA-PAE	Soccer Chipper	RFLA-PAE	Pedal 2 Metal II	RFLA-CLA
				Clean&Jerk	FMI		
				Triangle Couplet	RFLA-CLA		
Crossfit Games 2014							
Dia 1		Dia 2		Dia 3		Dia 4	
The Beach	RFLA-AEG	Triple 3	CAE	MU Biathlon	RFLA-PAE	Midline March	RFLA-CLA-PAE
OverHead Sq	FMI	Sprint Sled I	RFLA-PLA	Sprint Carry	RFLA-CLA	Thick'n' quick	FMI-RFLA-CLA
		Sprint Sled II	RFLA-CLA	CleanLadder	FMI	Double Grace	RFLA-CLA-PAE
		21-15-9	RFLA-CLA	Push Pull	RFLA-PAE		

Figura 7: Workouts dels Crossfit Games 2015 i 2016 amb la demanda metabòlica i fisiològica. Llegenda: AEM (Aeròbic glucolític); FMI (Força Màxima Intramuscular); PAE (Potència Aeròbica); CLA (Capacitat Làctica); RFLA (Resistència Força Làctica); RFLAE (Resistència Força Làctica-Aeròbica); AEI (Capacitat Aeròbica).

Relació de sol·licitacions dels aspectes metabòlics/fisiològics als WODS dels Crossfit Games. Total de les edicions del 2014 a 2016						
AEG	FMI	PAE	CLA	RFLA	RFLAE	CAE
3	7	13	14	22	3	5

Taula 2: Aspectes metabòlics demandats en els Crossfit Games, principalment força resistència làctica i potència aeròbica. Llegenda: AEM (Aeròbic glucolític); FMI (Força Màxima Intramuscular); PAE (Potència Aeròbica); CLA (Capacitat Làctica); RFLA (Resistència Força Làctica); RFLAE (Resistència Força Làctica-Aeròbica); AEI (Capacitat Aeròbica).

Constatem que els WODS demanats són principalment de Resistència Força Làctica, i després es mouen entre els que es mouen entre els 5-10 minuts i demanen una bona Potència Aeròbica, o els que són ràpids i es necessita una capacitat làctica (Garcia Verdugo, 2006). Després hi ha elements de Força Màxima, i de capacitat aeròbica i glucolítica, juntament amb alguns elements de Resistència Força Làctica-Aeròbica, normalment sent moviments que només requereixen el pes corporal.

Què consideren els organitzadors dels Crossfit Games, segons divers recull documental, es visualitza com un Test de diverses capacitats condicionals genèric. La filosofia dels organitzadors és provar les capacitats condicionals establertes en la definició de Crossfit®. Matt Chan (The Fittest Test, 2013), atleta dels Crossfit Games, cita a Glassman (2002) per definir els jocs com “provar la capacitat de respondre en qualsevol moment i situació”. Justin Berg (The Fittest Test, 2013) parla de realitzar un test científic de la definició de fitness recollida en l'article fundacional del Crossfit. Realitzar prova que es pot observar, mesurar i repetir, sense oblidar que busquen sorprendre trobar els punts on només poden arribar els més preparats.

La variabilitat de les proves, de buscar una combinació que constantment sorprengui els límits dels atletes (Castro a The Fittest Test, 2013) finalment pot quedar reduït a proves de capacitat làctica i potència aeròbica per les intermitències, i elements de força resistència làctica; la variabilitat la trobem en la diversitat d'exercicis i possibilitats de combinació que té el Crossfit®.

## **Una mirada crítica a la comercialitat del Crossfit® i la necessitat d'una validació científica.**

El Crossfit® arran la definició realitzada per Greg Glassman, s'ha imposat com un sistema d'entrenament popularitzat durant aquests últims anys. És un element revulsiu en el món del fitness, i ha sorgit com a una nova opció d'activitat física i salut. Els practicants iniciats, ho visualitzen com el seu moment d'entrenament, i no es veu tant com un esport (Petrik 2014).

Cal veure que darrere, hi ha una marca registrada, gestionada per una empresa amb caràcter de multinacional, transformant una opció d'entrenament pròpia del seu fundador, Greg Glassman, a una opció d'activitat física massificada amb una estratègia comercial amb ànim de lucre. Els fonaments del Crossfit® responen a articles pretesament científics, fruit de la pròpia experiència com a preparador físic del seu fundador, que ha obtingut de l'entrenament a cossos de seguretat o militars. Quan Bill Gross, un inversor, contacta amb Glassman, es proposen difondre'l com una opció massiva per a tots els públics. (Bowles, 2015).

Revisant Seiler (2010), que és el marc amb el que Greg Glassman es basa per justificar la necessitat de treballar a nivell de treballs en intervals, Seiler (2010) no rebutja l'entrenament de llarga durada en endurança(LT), sinó al contrari, considera que ha d'existir una ratio de 80%-20% de LT amb HIIT pels atletes d'endurança. Són elements complementaris. És cert que considera que el HIIT té unes adaptacions fisiològiques de la potència aeròbica i capacitat làctica, que eleva els llindars anaeròbics i facilita el treball aeròbic, i no té cap impacte respecte la musculatura a diferència del LT, aspecte que defensa Glassman (2002).

El que és evident, és que hi ha adaptacions. Existeixen resultats, hi ha un canvi corporal i un increment de les capacitats metabòliques (Murawska et. al, 2015), i el plantejament del Crossfit® té un fort ànim motivacional, sent la principal raó de l'èxit (Partridge et. al, 2014), però des d'una interpretació crítica, els articles fundacionals es basen en una teorització sense demostracions contrastades, si bé han estat útils per la concepció d'un esport creixent. Kliszczewics et al. (2014) o Smith et al. (2013) coincideixen en l'apreciació, i consideren que fins la data, s'han fet molt pocs estudis que registrin la resposta fisiològica al Crossfit®, tant en fases immediates, com en les adaptacions estables de l'entrenament. Una ràpida recerca per PubMed i Sport Discus, només ens deixen un total de 53 articles referencials al Crossfit® a Desembre de 2016.

D'aquests articles, un ampli espectre estudien els efectes del sistema d'entrenament, demostrant que hi ha uns resultats notables, però també un potencial risc de lesions com en la majoria d'esports. En l'entrenament òptim, no ha d'existir risc de lesions, i cada atleta hauria de tenir una especificitat, element no existent en el Crossfit® (Buscà, 2016). El Crossfit® deu el seu èxit per ser un esport que comporta una notable millora física, sent un repte personal, però que no s'ha de concebre com una forma d'entrenament òptima, a diferència del que defensa el seu fundador i la marca, sinó com una forma d'activitat física molt motivant. (Partridge et. al, 2014).

En aquest TFG, es respon a la necessitat que té el Crossfit® de començar a tenir una validació científica, confirmar a través del comportament de la FC si el Crossfit® treballa dins del rang del treball d'interval, si la seva capacitat metabòlica principal és la capacitat làctica o de potència aeròbica, i també com es pot preparar un atleta mitjançant el comportament de la FC. En la diversitat dels articles, sorprèn veure que no hi ha cap referència en quan a l'entrenament per a la millora esportiva dins del Crossfit®, contrasta amb l'aprofundiment dels altres esports, ja que el control científic es necessita i es demana. Barbero (2004) considera la competició no només com un objectiu fonamental de l'entrenament, sinó que es la forma de control més completa i objectiva, ja que en aquesta es troben totes les variables de l'entrenament.



## Elaboració d'una competició de Crossfit®.

Per tant, veient que encara no s'ha fet cap estudi descriptiu del comportament de la FC durant el transcurs d'una competició, es decideix en aquest TFG plantejar dit estudi en una competició simulada, recollir les dades, i realitzar una primera discussió.

Basant-me en l'analitzat al punt anterior "*Els aspectes metabòlics i fisiològics dels Crossfit Games*", dissenyaré així la competició que es demanarà als subjectes de l'estudi.

Dia 1: A large day	Dia 2: Not even finished
10:05 Event 1: <b>Tercio Chelsea: 10' EMOM</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Pull up</li> <li>• 10 Push Up</li> <li>• 15 Air Squat</li> </ul>	10:05 Event 4: <b>Shuttle Sprint: For Time</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 200 m 4x50</li> </ul>
10:45 Event: 2 <b>Double 3 = 6: For Time</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Km Row</li> <li>• 300 Double Unders</li> <li>• 6 km Assault Bike</li> </ul>	10:30 Event 5: <b>Hold my arms: 4RFT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Muscle Ups</li> <li>• 6 Hang Power Clean (60/40 kg)</li> <li>• 9 Burpees</li> </ul>
11:45 Event: 3 <b>Deadlift Ladder: 10'</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Find Max Deadlift</li> </ul>	11:30 Event 6: <b>Climber Fran: For Time (40 Kg/30 Kg)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Rope Climb</li> <li>• 21 Thrusters</li> <li>• 2 Rope Climb</li> <li>• 15 Thrusters</li> <li>• 1 Rope Climb</li> <li>• 9 Thrusters</li> </ul>

Figura 8: Simulació de la competició a la que es sotmetran els subjectes de l'estudi.

**Event 1:** Tercio Chelsea respon a una de les Bench Mark Girls dissenyades per Glassman (2003), però realitzant només 10' dels 30'. És un EMOM, per tant, a nivell de validesa només comptarà el temps marcat en l'última ronda. Hi haurà un temps d'execució i un temps de recuperació, motiu pel qual serà un treball principalment de Força resistència al lactat (RFLA) i de Potència Làctica (PLA) i Capacitat Làctica (CLA).

**Event 2:** Double 3 = 6 està basada en la prova dels Crossfit Games 2014 Triple 3. És una prova aeròbica glucolítica (AEG), sent la més senzilla de classificar per tenir exercicis completament basats en l'endurança.

**Event 3:** Deadlift Ladder, també està basada en la prova dels Crossfit Games 2016, canviarem però el sentit i deixarem que sigui l'atleta qui trobi la seva estratègia per assolir la Força Màxima (FMI), realitzant unes tres últimes activacions de 3-4RM, 2RM, i Max RM.

**Event 4:** Shuttle Sprint, també basada en proves dels Crossfit Games, són esprints amb canvis de sentit. Principalment serà una demanda de Potència Làctica (PLA).

**Event 5:** Hold my arms, pretén ser un WOD ràpid, on es posa a prova la força resistència làctica (RFLA) i la potència aeròbica (PAE) ajudat per la capacitat làctica dels atletes (CLA).

**Event 6:** Climber Fran, basada en una de les Girls de Glassman (2003), és una prova que demana les mateixes característiques que Hold my arms, (RFLA, PAE i CLA) amb el que es mourà sota el mateix temps.

Relació de sol·licitacions dels aspectes metabòlics/fisiològics als WODS de la Competició simulada a l'estudi					
AEG	FMI	PAE	CLA	RFLA	PLA
1	1	2	3	3	1

Taula 3: Aspectes metabòlics demandats en la simulació de la competició de l'estudi Llegendes: AEM (Aeròbic glucolític); FMI (Força Màxima Intramuscular); PAE (Potència Aeròbica); CLA (Capacitat Làctica); RFLA (Resistència Força Làctica); RFLAE (Resistència Força Làctica-Aeròbica); AEI (Capacitat Aeròbica).

A partir d'aquí, podrem observar en base a cada prova i demanda fisiològica el comportament de la FC. Per a realitzar una hipòtesi del comportament, primerament desenvoluparem en aquest marc teòric la resposta cardiovascular en la fisiologia de l'exercici.

## **Fisiologia de l'exercici: La resposta cardiovascular.**

### **Control de la Freqüència Cardíaca.**

En fisiologia cardiovascular es coneix que la freqüència cardíaca (FC) respon a un control intrínsec i extrínsec. A nivell intrínsec, el múscul cardíac genera la seva pròpia senyal elèctrica, conegut com ritme espontani, d'aproximadament 100 batecs per minut (bpm). El cor, disposa d'unes cèl·lules especialitzades que generen la despolarització en circuit, partint de les aurícules fins als ventricles, necessàries per coordinar la contracció cardíaca. Responen a:

- Node sinusal o sinoauricular (SA), que determina el ritme i contrau les aurícules.
- Node auriculoventricular (AV) trasllada el impuls de les aurícules als ventricles.
- Fascicle AV (feix de His) forma part del circuit ventricular
- Fibres de Purkinje, estén l'impuls als ventricles i provoca la contracció ventricular.

Però la regulació de la FC és extrínseca, i correspon al sistema nerviós autònom ajudat del sistema endocrí (hormonal). L'augment de la FC és intervinguda pel to simpàtic, i el seu descens pel to parasimpàtic, en molts casos regulat de manera simultània amb l'ajuda hormonal. (Chicharro i Vaquero, 2006), (Smith i Fernhall, 2011), (Kenney, Wilmore i Costill, 2015)

La resposta intervinguda pel to parasimpàtic es realitza a través del nervi vagal que innerva principalment el node sinoauricular (SA) i el node auriculoventricular (AV). Aquest, quan és estimulat, allibera acetilcolina en les relacions sinàptiques entre les terminacions del nervi vagal amb les cèl·lules cardíques, provocant un retard en la despolarització que crea el potencial d'acció. La pèrdua de velocitat per tant, redueix el ritme de contracció que marquen els nodes SA i VA i baixa la FC. El nervi vagal és depressor, i és el sistema que ens governa en repòs, sent de caràcter immediat en la resposta, al dependre de l'acetilcolina i ser una relació sinàptica. En absència d'estímul vagal, el control de la FC torna a ser intrínsec o simpàtic, essent també de relació immediata per la rapidesa d'eliminació de l'acetilcolina. (Chicharro i Vaquero, 2006), (Smith i Fernhall, 2011), (Kenney, Wilmore i Costill, 2015)

El to simpàtic respon a través dels nervis dels ganglis cervicals que innerven el conjunt del cor, també en els nodes SA i AV, però principalment el múscul ventricular. Aquí, en resposta als estímuls, s'allibera norepinefrina (o noradrenalina) tant per via neural com humoral. La resposta neural, és ràpida i breu, però la humoral és lenta i sostinguda, provocant en combinació una resposta lenta i gradual. La norepinefrina crea permeabilitat de les cèl·lules cardíques als ions  $\text{Na}^+$  i  $\text{Ca}^{++}$ ; generant un potencial de repòs més positiu, fet que accelera la despolarització i crea un augment del ritme de contracció ventricular, incrementant la FC. El impuls simpàtic predomina durant l'estrès físic o emocional, superant els 100 bpm del ritme espontani de la FC. A nivell comparatiu, l'estimulació per via de la noradrenalina necessita de major quantitat, fet que sumat a que hi ha dos sistemes d'arribada, també comporta a que es necessiti més temps per la seva eliminació, per tant la recuperació de la FC sigui més lenta. (Chicharro i Vaquero, 2006), (Smith i Fernhall, 2011), (Kenney, Wilmore i Costill, 2015)

El to parasimpàtic i simpàtic, són respostes inverses en el ritme de despolarització, que recordem, actuen simultàniament amb una predominança. Aquesta es decideix per els estímuls dels diversos receptors del nostre cos.

En exercici, el còrtex motriu del nostre cervell, realitza una resposta anticipatòria, similar a la que es produeix en situació d'estrès. Hi ha un ràpid increment de la FC, degut a la desaparició de l'estimulació vagal, entrant en el ritme espontani de la FC. En base a l'estimulació dels elements propioceptius del sistema musculoesquelètic, el còrtex motriu regula el sistema simpàtic i parasimpàtic, provocant un increment o disminució de la FC, sent molt menor en el control simpàtic. (Smith i Fernhall, 2011)

A nivell pulmonar, la respiració també regula l'activació vagal-simpàtica. La inspiració activa els nervis simpàtics, per contra, en la expiració s'activen els nervis vagals. L'acetilcolina es de ràpida eliminació, no així la norepinefrina. Això provoca que en respiracions profundes, hi hagi predominança de la resposta vagal, per contra en respiracions agitada predominen el to simpàtic ja que la norepinefrina no té el temps necessari per ser eliminada, realitzant un efecte més constant i predominant. Conseqüentment, una variació respiratòria profunda, com tenen els atletes d'endurance, comporta un predomini del to vagal motiu pel qual poden tenir pulsacions tant baixes. (Smith i Fernhall, 2011)

### **El control cardíac mitjançant els baroreceptors.**

Els baroreceptors també formen part dels reguladors de la FC, en base als canvis de pressió arterial actuant en consonància amb els altres reguladors. Elevant la FC, augmentem la pressió arterial, com a mecanisme de protecció, i de manera reflexa els baroreceptors, acceleren el decreixement de la FC per retornar la pressió arterial a valors normals en el moment que la FC mostra un descens, fet que es mostra com una corba sigmoïdal en la seva correlació. (Smith i Fernhall, 2011), (Kenney, Wilmore i Costill, 2015)

El seu funcionament, es mitjançant la connexió amb el SNA, estimulants el sistema parasimpàtic mitjançant el nervi vagal. És oposat al reflexe Bainbridge, que baixa l'estimulació del sistema parasimpàtic per elevar la FC, malgrat l'augment de pressió arterial, sent un receptor cardiopulmonar el qual si la respiració és accelerada activarà el reflexe. (Smith i Fernhall, 2011) (Kenney, Wilmore i Costill, 2015)

### **Resposta Cardiovascular en l'exercici.**

Les exigències energètiques durant l'exercici provoquen un augment de la freqüència cardíaca, doncs el músculs necessiten oxigenació i nutrients, demandant una major irrigació sanguínia. Per tant, el mecanisme neural i hormonal esmentat anteriorment es posarà en acció, principalment fent l'activació del sistema simpàtic. Així mateix, es graduarà en intensitat també pels mecanismes d'acció de la pressió arterial, provocant sempre un augment de caràcter progressiu de la FC (Figura 9).

Només en el moment d'una activació d'alta intensitat, hi ha un reforç indirecte de catecolamines alliberades pel sistema adrenal, que provocarà una acceleració cardiovascular, poden arribar ràpidament a la demanda d'oxigen necessària. Aquest aspecte es dona quan entrem dins de la nostra PAM de manera immediata, que coincideix amb el VO2Max. En tot cas, sempre que s'arribi al punt de l'efecte "plateau" de la FC, es trobarà la màxima, i estarà relacionada amb el consum màxim d'oxigen (100% del VO2Max Figura 9). (Smith i Fernhall, 2011) (Kenney, Wilmore i Costill, 2015).

### Cabal cardíac:

El consum d'oxigen necessari per l'activació muscular, sempre creix en proporció a la intensitat de l'exercici. La relació es pot descriure per la equació de Fick:

$$VO2 = Q \times (a - v) O2 \text{ diff}$$

Q representa el cabal cardíac, i a-v O2 diff és la diferència d'oxigen entre la sang arterial i venosa, és a dir, quina ha estat la demanda dels músculs. Si aïllem Q, veurem que a mesura que augmenti la demanda d'oxigen major serà Q (Figura 10). Però per donar resposta al creixement del cabal cardíac no només respon a l'increment de la freqüència cardíaca, sinó que té molt a veure el creixement del volum sistòlic (VS), que són els litres sanguinis ejectats per cada contracció sistòlica, cobrint així la demanda (Figura 9). (Smith i Fernhall, 2011). Dita equació respon a:

$$Q = VS \times fc$$

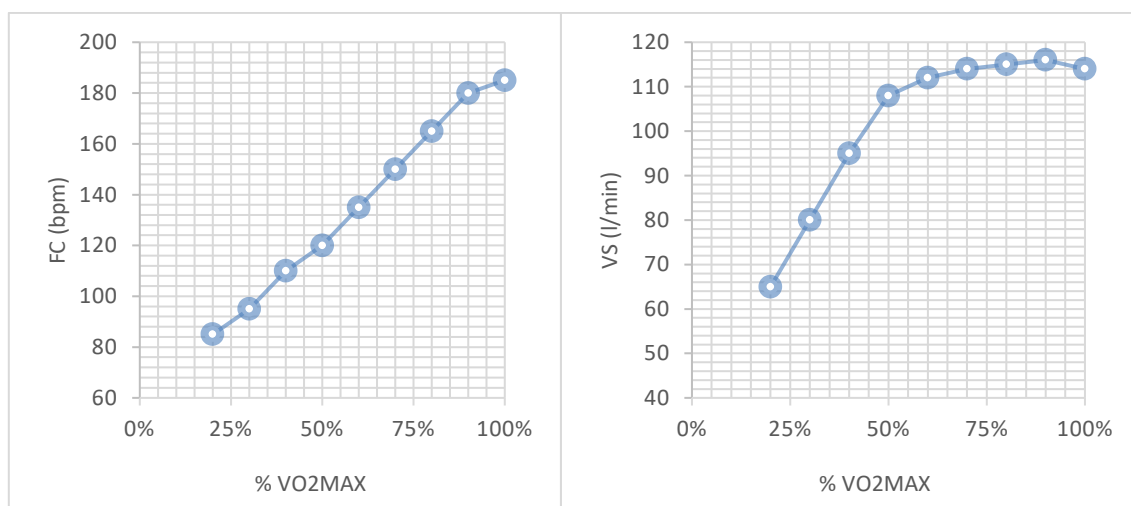


Figura 9: Augment de la FC i el volum sistòlic (VS) en un subjecte que realitza carrera sobre "treadmill" a mesura que augmenta el % del seu VO2Max. Font: Kenney, Wilmore i Costill (2015)

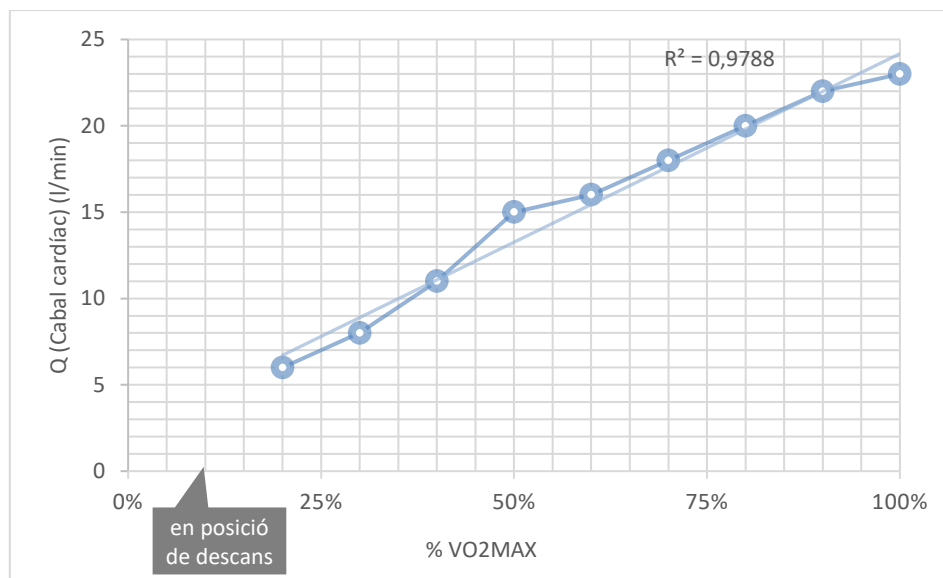


Figura 10: Resposta de l'augment del Cabal cardíac (Q) en un subjecte que realitza carrera sobre "treadmill" a mesura que augmenta el % del seu VO2Max. La gràfica també recull el seu coeficient de Pearson al quadrat, demostrant una progressió lineal. Font: Kenney, Wilmore i Costill (2015).

El VS determina la capacitat cardiovascular durant l'exercici. Es tindrà una Q elevada degut al VS, no degut a al FC, doncs aquesta no incrementarà més enllà de la que determini una eficiència d'ejecció per part de Q. Una bona adaptabilitat del volums sistòlic, existint una hipertròfia muscular del cor, és en part la que pot determinar el VO2Max, si bé aquest té un caràcter principalment genètic (Kenney, Willmore i Costill, 2015).

El mecanisme d'augment del volum, funciona en base al fenomen anomenat Frank-Starling, on el cor s'adapta als increments de flux sanguini. A major entrada ventricular durant la diàstole major serà l'ejecció sistòlica. Per tant, un cor amb hipertrofia donarà major capacitat al mecanisme. Sabem també que hi haurà una major VO2Max, i alhora una menor demanda d'oxigen a-VO2 diff; aquest aspecte influenciarà en que per una determinada potència en l'exercici, comportarà a una menor FC, sent més baixa en atletes entrenats que en persones sedentàries. (Benson i Conolly, 2011), (Smith i Fernhall, 2011), (Kenney, Wilmore i Costill, 2015).

Aquesta disminució de la FC, retarda el moment d'estabilització del VS, moment "plateau", que es dona segons estudis a partir d'un 40-60% del VO2Max, com es visualitza a la Figura 9. Aquest moment, es produeix quan la duració de la diàstole és menor que el temps que triga en omplir-se la cavitat ventricular. No hi ha una confirmació de quan es produeix l'efecte, i actualment hi ha discussió, però s'ha comprovat que en atletes entrenats es pot retardar o superar (Figura 12). (Smith i Fernhall, 2011) (Kenney, Wilmore i Costill, 2015)

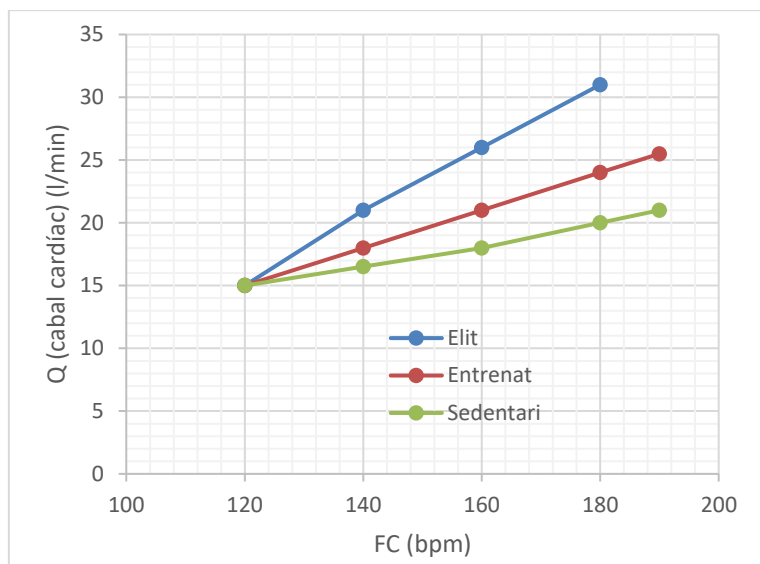


Figura 11: Cabal cardíac (Q) en base a la FC, quan major és l'entrenament de l'atleta, major ejecció del VS, per tant, major serà Q. Per a uns esforços determinats l'augment de la FC serà menor. Comportament de 3 subjectes, atleta d'elit, atleta universitari entrenat i universitari sedentari, en "treadmill". Font: Kenney, Wilmore i Costill (2015)

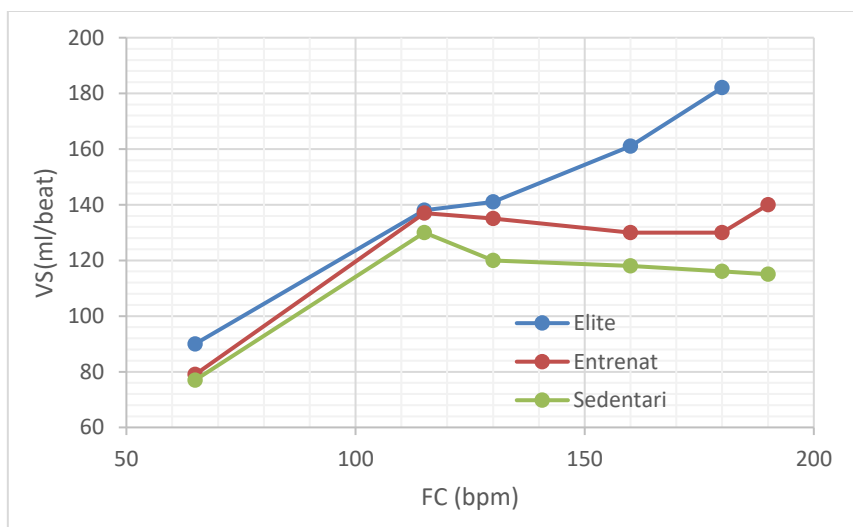


Figura 12: VS en base a la FC que mostra l'efecte "plateau" a una determinada FC, exceptuant en atletes d'elit que tenen una adaptació que els permet arribar a un major VS per tant major Q. Font: Kenney, Wilmore i Costill (2015)

Les figures 11 i 12 demostren l'adaptabilitat del cor a l'endurança. A la figura 11, a major adaptabilitat de l'atleta, la corba es desplaça a l'esquerra, permetent un cabal cardíac major, i que requerirà de menor FC, és a dir, l'atleta tindrà un comportament més eficient (Benson, Conolly 2011) (Kenney, Willmore i Costill, 2015). La figura 12, mostra fins a quin punt es pot tornar eficient el sistema cardiovascular, que procurant un millor retorn venós s'aconsegueix trencar amb l'efecte "plateau" del Volum Sistòlic.

## Resposta cardiovascular en la realització de força.

A diferència del comportament cardíac en l'exercici aeròbic, en força no està tant estudiat (Smith i Fernhall, 2011), principalment perquè no es necessari quantificar la FC en els aixecaments de força màxima. Però és evident que hi ha una resposta. Elstad et al. (2009) realitzen un estudi que mostra el creixement del cabal cardíac durant un exercici dinàmic de força. Els resultats són un increment de la FC en un 40%, una caiguda del VS en un 5% i un augment de Q del 35%. La caiguda del VS es deu a un increment de la pressió arterial, fet que es troba molt superior en els exercicis de força que quan l'exercici és de caràcter metabòlic. En aquest sentit es considera que hi ha una activació del presor reflex de l'exercici (Smith i Ferhanll, 2011). En altres estudis, explicitats per Smith i Ferhanll (2011) consideren que hi ha un increment aproximat a 140 bpm i sempre es sol trobar el màxim en dues repeticions al 95% RM, sent també el moment màxim de pressió arterial.

## Resposta cardiovascular en les diverses zones metabòliques.

Zona		Nivell	Temps Màxim	Substrat Predominant	Principals Adaptacions			Límits	FC i Lactat (bpm-mMol/l)		
Neural		10	2"	Fosfàgens	Coordinació Intramuscular	Coordinació Intermuscular	Potència Fibres FTII	PALM	Dades referencials		
Alàctica	Potència	9	5"						Efecte tampó làctic-PH	Potència Fibres FTII	PALM
	Capacitat	8	15"		Hidrats de Carboni	Estimulació resistència làctica fibres Ft I i Ft II	PLM	10 a 12			
Làctica	Potència	7	50"					Efecte tampó làctic-PH	Estimulació resistència làctica fibres Ft I i Ft II	PLM	14 a 22
	Capacitat	6	3'	Hidrats de Carboni + Oxigen	Estimulació resistència fibres FTII	PAM	8 a 14				
Aeròbic-Anaeròbic Mixte	Potència Aeròbica	5	8'				Hidrats de Carboni + Oxigen	Economia Cardiovascular i cabal cardíac	Estimulació resistència fibres FTII	PAM	185 a 200
	Capacitat Aeròbica	4	20'	Estimulació resistència fibres FTII	U-An	170 a 185					6 a 8
Aeròbica	Glucolític	3	45'			Greixos + Oxigen	Economia Cardiovascular i cabal cardíac	Estimulació resistència fibres FTII	U-An	150 a 170	
	Lipolític	2	2h	Acceleració eliminació de lactat	Estimulació resistència fibres FTII					U-A	130 a 150
	Regeneratiu	1	>3h								110 a 130
									3		
									2		
									1		

Figura 13: Pla bionergètic, d'esquerra a dreta, zona metabòlica, nivell d'intensitat en la potència de treball, temps màxim d'influència de la zona, substrat energètic predominant, adaptacions en l'entrenament, ubicació dels límits i dades de referències del comportament de la FC i el lactat en base els llindars i zones de treball. Font: Garcia Verdugo (2007) modificat.



### **En situació anaeròbica.**

Benson i Conolly (2011) consideren que, a nivell anaeròbic, al no utilitzar oxigen i funcionar pel sistema ATP-PC i el de glicòlisis anaeròbica, hi ha un retard en l'increment de la FC, malgrat treballar a intensitat màxima. En aquest sentit desestimen la monitorització de la FC en el transcurs de l'anaeròbic, però per contra, consideren especialment útil, estudiar la recuperació de FC en exercicis anaeròbics, doncs determina el temps de recuperació en el treball d'interval. Garcia Verdugo (2007) coincideix en l'apreciació, doncs diu que la FC no ofereix referències útils ja que es sobrepassa la PAM.

Només en l'anaeròbic extensiu (capacitat anaeròbica), superant el minut, hi ha un increment de la FC al màxim per donar resposta a l'increment d'oxigen, generant-se un augment del deute d'oxigen important, degut a que s'entra en situació de superació de la PAM i VO2Max sense progressió, amb una depleció total de la via fosfagènica i un augment del lactat. En aquest sentit, es considera que la millor manera d'avaluar les intensitats, es mitjançant l'anàlisi de lactat. (Garcia Verdugo, 2007) (Kenney, Willmore i Costil (2016)

### **En situació aeròbica.**

Garcia Verdugo (2007) considera que en situació de PAM, la FC assoleix els seus valors màxims, considerant que la FC supera la situació de llindar anaeròbic fins a la màxima en últim moment, entrant en una deute d'oxigen i depleció de glucogen que ja no permeten la continuïtat de l'activitat. La capacitat dels atletes determinarà el temps. En tot cas, en la situació de potència aeròbica es considera de caràcter mixta amb la capacitat làctica, englobant-lo en un aeròbic intensiu. El comportament encara en zona mixta, però de caràcter extensiu, considera que la FC es troba en situació de llindar anaeròbic, i el factor limitant més important és l'acumulació de deute d'oxigen. En l'aeròbic glucolític, la FC vorejarà el llindar anaeròbic però no el superarà.

## **La Freqüència Cardíaca en el Crossfit®.**

En la definició de Crossfit® s'estableix que principalment es treballa amb les tres vies metabòliques, i que per intensitat i durada ens permet suposar que es treballa amb una freqüència cardíaca (FC) moderadament alta durant les diverses modalitats de WODs. Kliszczewicz et al. (2014) confirmen que la FC mitjana (FCm) durant la realització del Workout "Cindy" és de  $170 \pm 13.5$  bpm, al 90% de la freqüència cardíaca màxima (FCM). Smith et al. (2013) considera que hi ha una adaptació estable de millora en la capacitat màxima aeròbica i anaeròbica, confirmant el treball metabòlic complet del Crossfit®.

Com a particularitat del Crossfit®, Kliszewics et al. (2014) constaten que mentre la FC es mou a prop del seu màxim, el consum Max de VO<sub>2</sub> no. Amb un VO<sub>2</sub> mitjana corresponia al 63,8 +/-12,3% del VO<sub>2</sub> Max, per contra la FC de mitjana corresponia al 91+-4,2 de la FC Max. Babiash (2013) constata unes dades lleugerament diferents, establertes per rangs, on els valors de VO<sub>2</sub> es mouen en un rang del 40-85% de la VO<sub>2</sub> Max durant la realització del WOD "Donkey Kong" i el "Fran", i la FC es mou en un rang de 64-94% de la FC Max. No facilita la mitjana, i la variació dels WODs dificulta la comparació real, en tot cas es possible veure una diferència de rang important entre VO<sub>2</sub> i FC inicial.

Kliszewics et al. (2014) teoritza diverses hipòtesis respecte aquest comportament: la primera es basa en una dificultat del retorn venós que baixa el volum sistòlic i es requereix de major FC. La segona, es refereix a la variabilitat de les alteracions posturals i canvis de moviment durant el treball, representant un repte per la hemodinàmica i la redistribució de la sang al múscul actiu incrementant la resposta de les catecolamines (norepinefrina) que influeixen directament en l'activació simpàtica. La tercera es refereix a altres aspectes naturals de la variació de l'exercici que implica diversos canvis de pressió sistòlica, diferents estímuls aferents musculars, o una diversa demanda metabòlica de l'exercici. Finalment, considera l'activació del reflex pressor de l'exercici demandada per les fibres ràpides, com un element important de l'activació de la FC. Kaufman i Hayes (2002) consideren que el pressor reflex de l'exercici, ajuda en esports com l'halterofília a tenir un alta FC amb una pressió arterial alta i sense que existeixi un consum d'oxigen elevat, on podríem afegir la gimnàstica. El Crossfit® es caracteritza per moviments amb càrregues elevades, precisament per part de l'halterofília i la gimnàstica, amb el que pot explicar la diferència de rang inicial visualitzada per Babiash (2013) o la diferència de la mitjana comparada entre FC i VO<sub>2</sub> per Kliszewics et al. (2014).

De manera genèrica però, no es troba cap referència gràfica en base en quina zona de treball es troben, així com un desglossament parcial del comportament. Aquest element és important d'avaluar, doncs podríem determinar si hi ha un comportament per intervals i el comportament metabòlic, principalment en quina zona de treball es realitzen els WODs. És significatiu que hi hagi diferències entre la FC i el VO<sub>2</sub>Max, fet que comprovaria que entren altres elements com podria ser una fatiga local, o inclús una irrupció del anaeròbic i una necessitat de pausa. Són consideracions a tenir en compte, que a part, validarien els elements fundacionals de l'esport de la importància en treball d'alta intensitat. Finalment, considero que l'element més important a controlar en el Crossfit®, seria el lactat. Saber quan es genera en cada prova, més que la pròpia FC, pot determinar la càrrega i l'adaptabilitat a la càrrega, si bé aquesta la FC és un factor d'ajuda per intuir on es treballa i en quines condicions respon.

Perciavalle et al. (2016) realitzen el primer estudi on es recull la concentració de lactat d'atletes no professionals, després de realitzar un WOD conegut com el 15.5, sent un WOD classificatori dels Open Crossfit Games del 2015. És un WOD demandant de Potència Aeròbica principalment (PAE) amb necessitat d'una Capacitat Làctica (CLA) alternada, i també demandant d'una resistència a la força làctica (RFLA). El lactat recollit previ a la prova, és de 4.5 mmol /l ( $\pm 1.99$  SD), superior al estipulat per el OBLA, segurament degut a l'acumulació d'entrenaments anaeròbics, fet que provoca una millor tolerància dels atletes al lactat. També podria ser en interpretació de Perciavalle, un indicador de que l'llindar de lactat es troba en un punt de mMOL superior. Després del Wod, el lactat mitjà recollit es trobava en 13.8 mmol /l ( $\pm 1.18$  SD); i passat 15 minuts es tornava als valors de lactat anteriors de 4,5 mmol/l, demostrant una bona adaptació a aquest.

Per tant, malgrat la FC pugui no trobar-se en una situació màxima, o el VO2Max, hi ha una zona de treball elevat en la zona metabòlica anaeròbica principalment de caràcter local, i en base del comportament observat en el VO2Max en els estudis, en la capacitat aeròbica de manera general. En el nostre estudi, ens servirà per fer una primera visualització de les zones de treball, i començar a validar de manera científica el Crossfit®.

## Metodologia.

### Model d'anàlisi.

Aquest TFG respon a un estudi descriptiu del comportament de la freqüència cardíaca (FC) en el transcurs d'una competició de Crossfit®. Es recolliran tots els resultats possibles durant competició i recuperació. Fent referència al Marc Teòric, acotarem la discussió al comportament de la FC en base a les zones metabòliques i de treball de capacitats condicionals establertes com hipòtesi, on visualitzarem si es possible confirmar el comportament explicat.

### Procediment.

Es realitzarà una competició simulada de Crossfit®, per no afectar el rendiment d'un atleta en una real. S'acorda, amb Crossfit Poblenuou, de disposar de l'espai del BOX en les hores d'OpenBox, per realitzar les proves als subjectes voluntaris presentats, així com una ajuda en la recerca dels atletes. La simulació constarà de dos dies seguits, on es realitzarà la competició explicitada al Marc Teòric:

Dia 1: A large day	Dia 2: Not even finished
10:05 Event 1: <b>Tercio Chelsea: 10' EMOM</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Pull up</li> <li>• 10 Push Up</li> <li>• 15 Air Squat</li> </ul>	10:05 Event 4: <b>Shuttle Sprint: For Time</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 200 m 4x50</li> </ul>
10:45 Event: 2 <b>Double 3 = 6: For Time</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Km Row</li> <li>• 300 Double Unders</li> <li>• 6 km Assault Bike</li> </ul>	10:30 Event 5: <b>Hold my arms: 4RFT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Muscle Ups</li> <li>• 6 Hang Power Clean (60/40 kg)</li> <li>• 9 Burpees</li> </ul>
11:45 Event: 3 <b>Deadlift Ladder: 10'</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Find Max Deadlift</li> </ul>	11:30 Event 6: <b>Climber Fran: For Time (40 Kg/30 Kg)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Rope Climb</li> <li>• 21 Thrusters</li> <li>• 2 Rope Climb</li> <li>• 15 Thrusters</li> <li>• 1 Rope Climb</li> <li>• 9 Thrusters</li> </ul>

Figura 8: Simulació de la competició a la que es sotmetran els subjectes de l'estudi.

Es pacta amb els atletes els dies. L'horari sempre serà el mateix i els dies de participació no poden ser alternats, serà indiferent si els dos dies de competició simulada en setmanes diferents, mentre es respecti l'horari, el temps de recuperació i el fet de que siguin dos dies seguits de competició.

S'informarà clarament de complir els horaris, del contrari es descartarà la participació o es pactarà realitzar les proves en un altre dia. Es respectaran els temps de recuperació establerts, sempre en base a estandarditzar les proves. Els atletes seran informats d'aquestes condicions per participar en l'estudi.

Es deixarà realitzar escalfament previ d'activació per a evitar lesions, així com la pràctica de moviments, sempre i quan l'horari sigui anterior a la prova.

Per estandarditzar les dades de recuperació, es procurarà convidar a només caminar a l'atleta un cop hagi fet la primera recuperació de deute d'oxigen, i li permeti caminar; doncs es possible que per intensitat dels *WODs* establerts els primers segons s'estirin al terra per recuperar-se.

Es demanarà la FC basal si es possible, en el moment que s'aixequen en el mateix dia de la prova.

Pregarem per a que no hi hagi consums que puguin distorsionar els resultats, especialment alcohol o cafeïna en les 24 hores anteriors.

### **Eines Metodològiques.**

El instrument de mesura serà un monitor de freqüència cardíaca Polar RS800CX per a cada atleta, que registrarà la FC durant la prova, i la recuperació. Demanarem que mantinguin el monitor fins passat 3' de la prova.

Les dades es recolliran posteriorment amb el programa Polar Trainer 5, sent el software pertinent del Polar RS800CX des de PC.

Les diverses dades recollides es treballaran amb el programa Excel Office.

### **Mostra.**

Els subjectes, són 6 atletes que han pogut realitzar Open dels Crossfit Games 2017 en RX. Tots els subjectes han estat informats de l'estudi, riscos de l'esforç cardiovascular, i donen el seu consentiment firmat. Així mateix se'ls demana firmar un qüestionari del seu estat cardiovascular, conegut com PAR-Q&YOU de la Societat de Fisiologia Cardiovascular de Canada, de manera que no hi hagi cap persona amb afecció cardíaca a la mostra. Tot subjecte, en base als seus motius, té dret a deixar la prova voluntàriament, i tot aquell que hagi acabat se'ls hi donarà els resultats obtinguts així com una interpretació d'aquests.

## **Anàlisi de Dades.**

### **S'analitza de manera global:**

- FC Màxima en base cada *WOD*:
- FC Mitjana en base cada *WOD*:
- Comportament parcial de la FC durant els *WODs*:
- Intensitats zonals de la FC durant competició en %:

### **Es discuteix:**

La relació del comportament de la FC en cada *WOD* segons caràcter de treball de zona metabòlica i capacitats condicionals requerides.

A nivell secundari, es valorarà quin és el comportament metabòlic en el Crossfit® i si es compleixen els elements fundacionals que va marcar Glassman (2002).

## **Aspectes Ètics.**

Per a la realització d'aquest TFG, s'informarà principalment del Procediment recollit en la Metodologia, i dels Riscs potencials de la prova recollits en l'Informe de Consentiment, recalcant els riscos com:

- Experimentaré fatiga muscular, dolor, i dificultats respiratòries propies d'una competició de Crossfit.
- Hi ha el risc de lesió propi de l'esport en competició. Tinc el dret de negar-me a realitzar la prova per qualsevol indisposició.
- Hi hauran persones entrenades en maniobres CPR i desfibrilador durant la sessió.

Així mateix, no es podrà realitzar cap participació com a subjecte si no es contesta afirmativament el Qüestionari Par-Q-You realitzat per la societat de fisiologia de Canada.

## Resultats i discussió.

### Dades subjectes, resultats Events i classificació de la competició:

Dades Subjectes				
Subjecte	Edat	Pes (kg)	Alçada (cm)	FCB (bpm)
Femení 1	38	52	150	56
Masculí 1	21	70	179	39
Masculí 2	24	80	170	42
Masculí 3	44	75	180	54
Femení 2	34	60	170	49
Femení 3	26	65	170	54

Taula 3: Dades dels subjectes que han participat a l'estudi complint les condicions de participació.

Subjectes	Resultats Events en Temps o Kg					
	Tercio Chelsea	Double 3 = 6	DL Ladder(kg)	Shuttle Sprint	Hold My Arms	Climber Fran
Femení 1	00:00:28	00:33:26	95	00:00:41:14	00:05:08	00:05:51
Masculí 1	00:00:36	00:29:03	150	00:00:36:56	00:08:14	00:07:32
Masculí 2	00:00:34	00:33:02	160	00:00:35:78	00:08:19	00:08:07
Masculí 3	00:00:33	00:29:45	150	00:00:35:68	00:06:16	00:05:16
Femení 2	00:00:35	00:32:19	110	00:00:42:12	00:06:00	00:05:40
Femení 3	X 8'	00:34:23	105	00:00:44:72	00:08:40	00:07:56

Taula 4: Resultats assolits en els Events programats en l'estudi. El temps està descrit per hh:mm:ss. A Tercio Chelsea si l'atleta no acabava les repeticions abans del minut es marca una creu i s'indica el minut on ha aturat.

Classificació Femenina	Tercio Chelsea	Double 3 = 6	DL Ladder(kg)	Shuttle Sprint	Hold My Arms	Climber Fran	Total
Femení 2	2	1	1	2	2	1	9
Femení 1	1	2	3	1	1	2	10
Femení 3	3	3	2	3	3	3	17
Classificació Masculina	Tercio Chelsea	Double 3 = 6	DL Ladder(kg)	Shuttle Sprint	Hold My Arms	Climber Fran	Total
Masculí 3	1	2	2	1	1	1	8
Masculí 1	3	1	2	3	2	2	13
Masculí 2	2	3	1	2	3	3	14

Taula 5: Classificació global dels Events, dividit en categories de gènere. La millor classificació obté la menor puntuació.

## Discussió de resultats.

### Tercio Chelsea:

Comportament FC Tercio Chelsea		Bpm
Mitjana FC Max.	184,2	
(SD +/-) FC Max.	5,50	
Mitjana FC.	156,07	
(SD +/-) FC Mitjana	12,27	
Mitjana FC Inici	84,4	
(SD +/-) FC Inici	16,36	
FC Basal Mitjana	50,8	
(SD +/-) FC Basal	6,06	

Taula 6: Dades registrades de la FC a Tercio Chelsea

En el marc teòric, he definit Tercio Chelsea com un treball principalment de Força resistència al lactat (RFLA) i de Potència Làctica (PLA) i Capacitat Làctica (CLA) en les seves zones metabòliques. Consisteix en realitzar 5 dominades, 10 flexions i 15 esquats a cada minut, quedant el temps resultant com a període de descans, i realitzant durant 10 minuts (10 Interval·s). El temps de treball de Tercio Chelsea s'ha mogut entre els 40-45", i el descans entre els 15"-20", exceptuant la última ronda i vàlida per la puntuació, on el temps ha estat entre els 30"-35". Observem que la FC mitjana ha estat de 156 bpm; una zona de treball baixa, segurament per sota del llindar anaeròbic dels atletes. Per contra, la màxima és de les més elevades de la competició, sent de 184 bpm, suposem que superant-se el llindar anaeròbic, en zona de potència aeròbica màxima i coincidint amb l'últim interval de la prova, on es realitza el temps vàlid de competició.

Comportament per Interval·s de la FC en bpm								
Interval·s EMOM	FC Mitjana Interval	(+/-SD) FC Mitjana Interval	Mitjana FC Max.	(+/-SD) FC Max.	Mitjana FC Rec.	(+/-SD) FC Rec.	Increment FC	Descens FC
0	141,78	11,23	154,25	11,47	136,25	7,32	47,75	18
1	148,92	12,26	157,75	11,27	144,5	11,15	21,5	13,25
2	155,15	8,55	162,5	6,61	147,5	8,89	18	15
3	157,32	7,75	163	8,16	152,25	7,63	15,5	10,75
4	160,28	7,94	165	9,42	156	6,32	12,75	9
5	161,65	9,39	166,5	9,54	158,25	7,93	10,5	8,25
6	167,83	5,30	175	6,68	163,75	8,18	16,75	11,25
7	169,77	5,21	175	5,89	162,5	6,45	11,25	12,5
8	170,54	4,45	175,5	4,51	170	5,48	13	5,5
9	175,89	4,42	182,25	3,86	163,5	9,00	12,25	18,75

Taula 7: Comportament de la FC en els 10 interval·s de l'EMOM Tercio Chelsea. A part es recull la mitjana registrada de la FC Màxima, així com la de recuperació. Això permet visualitzar quin ha estat l'increment de la FC i la seva recuperació durant el temps de descans.



El fet de que la FC Mitjana sigui de les més baixes de la prova, es degut a que existeix una recuperació, però en part, també es veu que hi ha una adaptabilitat dels atletes a les repeticions i a com han gestionat el temps. En tot cas, si ens quedéssim només amb la dada de la FC Mitjana, erraríem en quins factors fisiològics de treball es demanden en Tercio Chelsea. La Taula 7, és el desglossament del comportament de la FC per intervals, aquesta ens deixa entreveure que no és fins al 7è interval (Interval 6), que no es comença a treballar en una intensitat alta de FC. Com element a tenir en compte és com la desviació estàndard disminueix a una FC més homogènia entre atletes, fet que pot assegurar que ja es troben més en una fase intensiva.

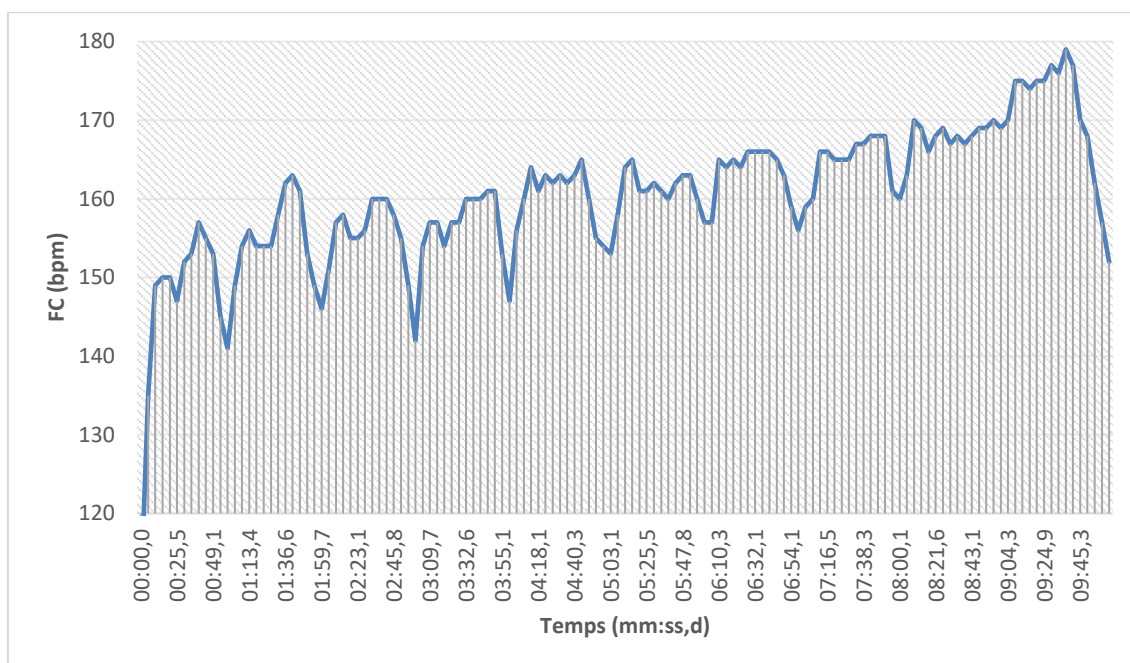


Figura 14: Gràfica demostrativa del comportament de la FC del subjecte masculí 2 a Tercio Chelsea. Els temps de treball de la FC es mouen fins als 45", deixant 15" per la recuperació.

Seria interessant saber on es troba el llindar anaeròbic i la potència màxima mitjana dels atletes en base a al seva FC, per poder afirmar les zones metabòliques, així com una prova de lactat en base als factors fisiològics que intervenen. Per ara, només podem intuir que no es supera el llindar anaeròbic fins al 7e interval, per motius segurament d'acumulació del deute d'oxigen, on es pot afegir certa depleció de glucogen i acumulació de lactat que exigeix més oxigen. El fet de que els atletes puguin realitzar tantes repeticions sense arribar a fatiga, demostra que tenen una adaptabilitat, sigui per efecte també de resistència làctica o perquè les primeres repeticions les poden fer de manera aeròbica. La figura 14, mostra el comportament tipus observat en els subjectes, i és pot visualitzar com tot i la forta recuperació la FC és creixent, i com a partir de l'interval 9 ja no hi ha una recuperació de FC, pels motius comentats de deute d'oxigen, depleció de glucogen i acumulació de lactat.

Cal tenir en compte també, que la tipologia de la prova, provoca que hi hagi una estratègia de reserva d'intensitat, fet que ho demostra quan el temps oscil·la dels 45'' en els intervals 0-8, i del 30-35'' en l'últim interval (només recollit els temps de l'últim interval a la Taula 5).

Per tant, sense ser conclouent per manca de dades que ho puguin confirmar, considero que les 6 primeres rondes són de caràcter aeròbic glucolític (AEG) i de Força Resistència Làctica-Aeròbica (RFALA), sent les tres següents en situació de Potència Aeròbica Màxima (PAE) i Força Resistència Làctica (RFLA), i l'última ronda, al ser la vàlida per la puntuació, pròpia d'una prova de Potència Làctica (PLA) amb un desgast acumulat. Per tant, de manera genèrica, consideraria que al ser mixta seria principalment de Capacitat Aeròbica (CAE) i Força Resistència Làctica Aeròbica (RFALA), amb un últim interval de Potència Làctica (PLA).

Caldria plantejar-se com es comportaria la FC si s'hagués validat com a prova el temps total acumulat de treball, on exigiríem als atletes treballar al 100% de la seva intensitat, sent més encertat el plantejat en el Marc Teòric.

### Double 3 = 6:

Comportament FC Double 3 = 6		
Mitjana FC Max.	189	bpm
(SD +/-) FC Max.	5,50	
Mitjana FC.	170,94	
(SD +/-) FC Mitjana	7,71	
Mitjana FC Inici	97	
(SD +/-) FC Inici	7,80	
FC Basal Mitjana	50,8	
(SD +/-) FC Basal	6,06	

Taula 8: Dades registrades de la FC a Double 3 = 6.

Double 3 = 6, consisteix en 3 Km de rem, 300 salts dobles (double unders) a corda i 6 km de bici el·líptica, coneguda en el Crossfit com Assault Bike. És una prova de caràcter aeròbic glucolític, on el consum d'oxigen buscarà vorejar el llindar anaeròbic. És l'única prova pròpiament metabòlica, sense afegir elements de força resistència, amb el que és la més senzilla d'interpretar. Pel que respecta a les proves de manera global, s'ha registrat la FC Màxima i mitjana més alta, amb un temps oscil·lant entre els 30-34 minuts segons atleta. La zona de treball mitjana, aplicant la fórmula de Karvonen, és del 87%, és per tant una intensitat de treball alta, i es possible que aquesta dada sigui propera al Llindar Anaeròbic real, sent l'únic Event que ens ho podria determinar.

Comportament Parcial FC	Mitjana de la FC en bpm	(SD +/-) de la FC Mitjana en bpm	Intensitat mitjana	Mitjana de la FC Màx. en bpm	(SD +/-) de la FC Màx. en bpm
1r Quintil Temps	165,28	9,94	82,81%	174,20	10,43
2n Quintil Temps	174,56	10,06	89,53%	184,20	10,83
3r Quintil Temps	172,24	8,01	87,86%	185,00	8,06
4t Quintil Temps	169,06	6,90	85,55%	178,40	6,80
5e Quintil Temps	174,18	6,82	89,26%	187,20	6,18
Ultim minut	179,97	5,75	93,46%	187,20	6,18

Taula 9: Comportament de la FC desglossat en quintils, en base al temps realitzat de cada atleta, del Event Double 3 = 6. Es recull la FC Mitjana durant el quintil, així com la seva FC Màxima, i s'incorpora el comportament durant l'últim minut. La intensitat mitjana ha estat calculada mitjançant Karvonen, tenint en compte la FC màxima total de la competició i la FC basal mitjana.

Recollit a la Taula 4, Double 3 = 6 s'ha mogut dels 29 als 34 minuts, principalment invertint els dos primers quintils de temps (Aproximadament 12 minuts) al rem, un 3r quintil de 6 minuts pels Double Unders, i els últims dos quintils (12 minuts) al Assault Bike. Tant la part de Rem com la part d'Assault Bike tenen semblança en el comportament, és segurament una fase de treball de la capacitat aeròbica mixta, doncs la primera fase és glucolítica i la segona s'entra en una fase de potència aeròbica (recordem que al no tenir Llíndar anaeròbic, no es pot afirmar), on la FC Màxima és més elevada i pròxima a la FC Màxima de tota la competició. Les intensitats recollides també canvien notablement entre les dues fases.

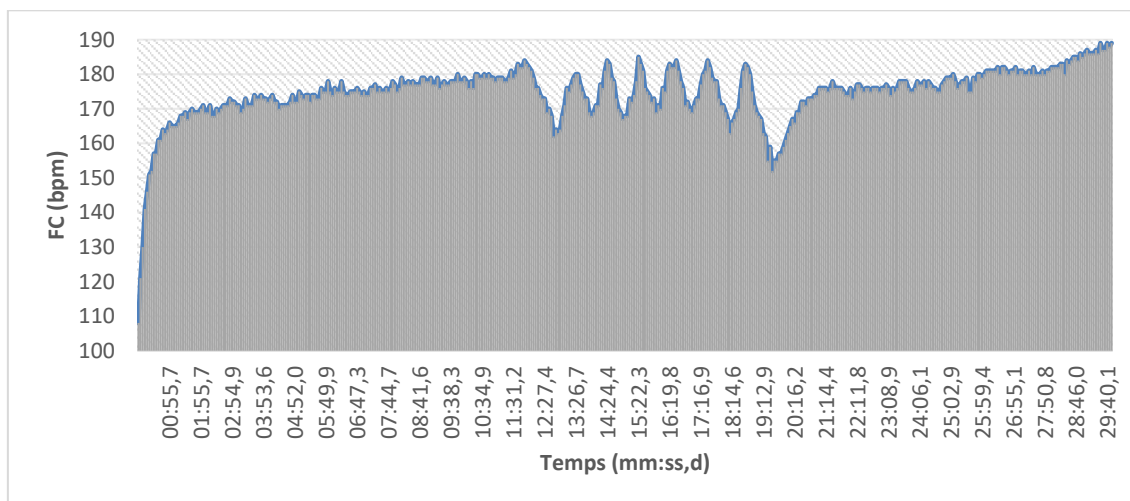


Figura 15: Gràfica demostrativa del comportament de la FC a Double 3 = 6 del subjecte masculí 1. Es visualitza bé el treball de la FC en la part dels 3 km de rem, una posterior més en intervals dels 300 salts dobles, i l'última part dels 6 km de bici el·líptica.

Per contra, els Dobles Unders, trencaven amb el caràcter més propi de la capacitat aeròbica, i es podia entrar en una fase de Potència Aeròbica o inclús superar-la segons l'adaptabilitat de l'atleta. Mentre que el Rem o l'Assault Bike es va realitzar de manera seguida, en els salts dobles, es van presentar diverses pauses, amb una estratègia d'enfrontament als salts organitzats per blocs. La Figura 15, recull aquest comportament per blocs, amb un primer bloc de rem, un segon bloc dividit en 50 salts dobles i descans, i un tercer bloc propi de l'Assault Bike. La FC Mitjana del 3r quintil és molt propera a les fases finals de rem o assault bike, tenint en compte que hi ha registrades també les recuperacions, i la màxima del tercer quintil és molt proper al màxim registrat, podríem deduir que en el moment dels salts dobles s'entra també en fase de Potència Aeròbica, o inclús a una Capacitat Làctica si bé al no tenir proves de lactat no ho podrem saber.

Per tant, i sempre de manera no concloent, podem definir Double 3 = 6 com una prova de caràcter aeròbic mixt, a cavall entre l'aeròbic glucolític (AEG) fases finals de Potència Aeròbica en el rem i la bici el·líptica, i pròpiament de Potència Aeròbica (PAE) en el moment dels salts dobles. En definitiva, al ser mixta, podem pensar que és pròpiament de Capacitat Aeròbica (CAE), malgrat s'allarga als 30'. El motiu es per que estratègicament, els atletes enfronten la prova per blocs, sent primer el de rem, una pausa, els dobles, amb les seves pauses, i finalment la bici el·líptica; d'aquesta manera també es contradiu el que hem considerat en el Marc Teòric (aeròbic glucolítica), en part perquè els atletes encara no tenen adaptat els salts dobles.

De tenir els Llindars ben definits, aquesta prova seria relativament senzilla de classificar, al no tenir elements d'exercicis propis de l'halterofília i la gimnàstica. Així, destacar també com disminueix la desviació estàndard a mesura que avancem en els quintils i s'homogeneïtza la FC en els atletes.

#### Deadlift Ladder:

Comportament FC Deadlift Ladder		
Mitjana FC Max.	155,8	Bpm
(SD +/-) FC Max.	8,84	
Mitjana FC.	132,11	
(SD +/-) FC Mitjana	7,98	
Mitjana FC Inici	100,6	
(SD +/-) FC Inici	12,86	
FC Basal Mitjana	50,8	
(SD +/-) FC Basal	6,06	

Taula 10: Dades registrades de la FC a Deadlift Ladder.

Deadlift Ladder és una prova de força màxima amb el moviment de pes mort, on es disposaven de 10' per trobar el màxim RM, deixant lliure l'estratègia d'enfrontament a la prova als atletes, exceptuant unes tres últimes activacions, on les feien de 3-4 RM, 2 RM i la última sent la de Max RM. La FC màxima és la més baixa de la competició, així com també la FC mitjana. La sol·licitació principal d'aquesta prova no té un fort desgast metabòlic, sinó que és clarament neural. Si bé ja s'arribava amb una forta càrrega degut a les dues proves anteriors. Aquest comportament es recull en la mitjana de la FC d'Inici recollida, sent clarament superior a les FC d'Inici de les proves anteriors.

Comportament de la FC en Activacions de FC Màxima	Mitjana FC Max. en bpm	(SD +/-) en bpm	Mitjana increment FC en bpm	(SD +/-) increment FC en bpm
Activació 3-4 RM	152,6	6,02	34,80	10,28
Activació 2 RM	150,2	14,22	39,20	6,76
Activació 1RM	152	10,95	35,60	10,95

Taula 11: Comportament de la FC en les activacions per arribar al màxim RM, a l'Event de Deadlift Ladder. Es recull també la Mitjana d'increment en bpm, sent la que ha comportat un major increment el pes mort a 2RM.

En el Marc Teòric, s'explica que la FC Màxima s'activa al realitzar força màxima, pel pressor reflex de l'exercici i no respon a un estímul per demanda d'oxigen (equació de Fick). Es comenta que la FC Max es troba en 140 bpm, i que la màxima es troba en una activació de 2-RM. Les dades si que ens indiquen una FC relativament baixa, però la FC Màxima té un comportament similar en totes les activacions, si bé és cert, que el major increment en bpm es troba en la de 2 RM. A la figura 16, es pot observar com les primeres activacions, són superiors a les últimes, que són de menors repeticions, i de caràcter immediat, amb una posterior recuperació molt ràpida. Aquest aspecte es deu a que no es una activació de FC per demanda d'oxigen.

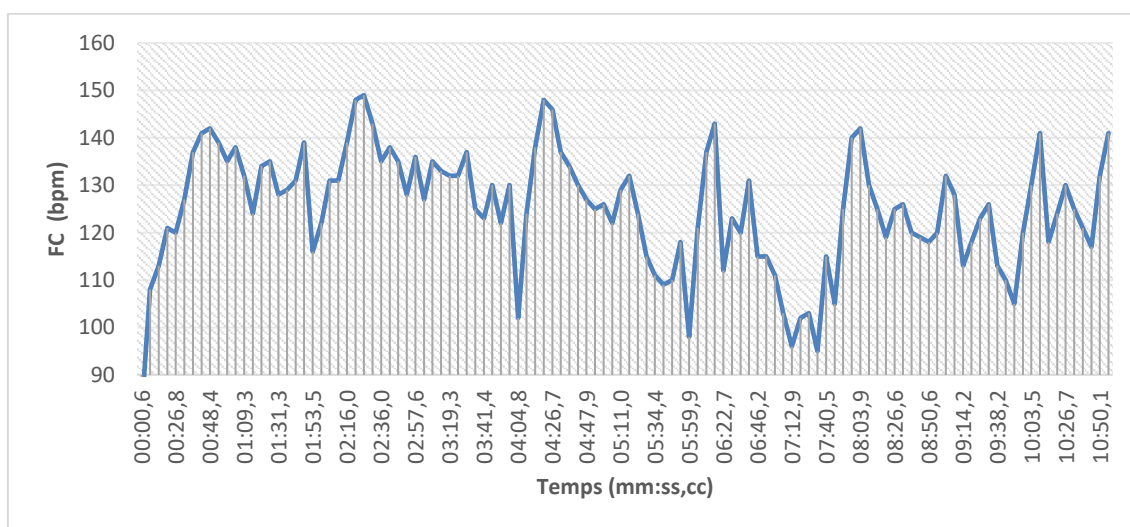


Figura 16: Gràfica demostrativa del comportament de la FC a Deadlift Ladder del subjecte masculí 1. Les activacions per arribar al Màxim RM coincideixen amb els pics immediats de FC, i la recuperació instantània. No és una gràfica neta pel fet de que posterior a les activacions es canviaven els pesos i hi havia certa activació física.

### Shuttle Sprint:

Comportament FC Shuttle Sprint		
Mitjana FC Max.	180,6	Bpm
(SD +/-) FC Max.	14,33	
Mitjana FC.	157,77	
(SD +/-) FC Mitjana	5,49	
Mitjana FC Inici	87,6	
(SD +/-) FC Inici	10,26	
FC Basal Mitjana	50,8	
(SD +/-) FC Basal	6,06	

Taula 12: Dades registrades de la FC a Shuttle Sprint.

Shuttle sprint consisteix en realitzar 200 metres amb un canvi de sentit cada 50 metres, realitzant 4 canvis de direcció. Per una qüestió d'espai, finalment la prova es redefeix per un canvi cada 40 metres, realitzant 5 canvis de sentit. El temps s'ha mogut entorn els 40'' (Taula 4), i s'ha demanat intensitat màxima.

És una prova clarament de potencia làctica (PLA). La FC mitjana, és de les més baixes de la competició, igual que la màxima. Al no ser una via que consum oxigen, no es demanda una FC alta, tal com s'explica al Marc Teòric. A la figura 17 es veu un increment gradual, si bé en 40 segons passa a una intensitat màxima al estar per sobre de la PAM. Es pot veure aquest increment en base a una depleció de glucogen que exigeix una demanda d'oxigen superior, i perquè es supera aquesta Potència Aeròbica Màxima. Com a curiositat, al ser el dia següent, la FC d'Inici ha baixat, si bé està 3 bpm més alta que el dia anterior.

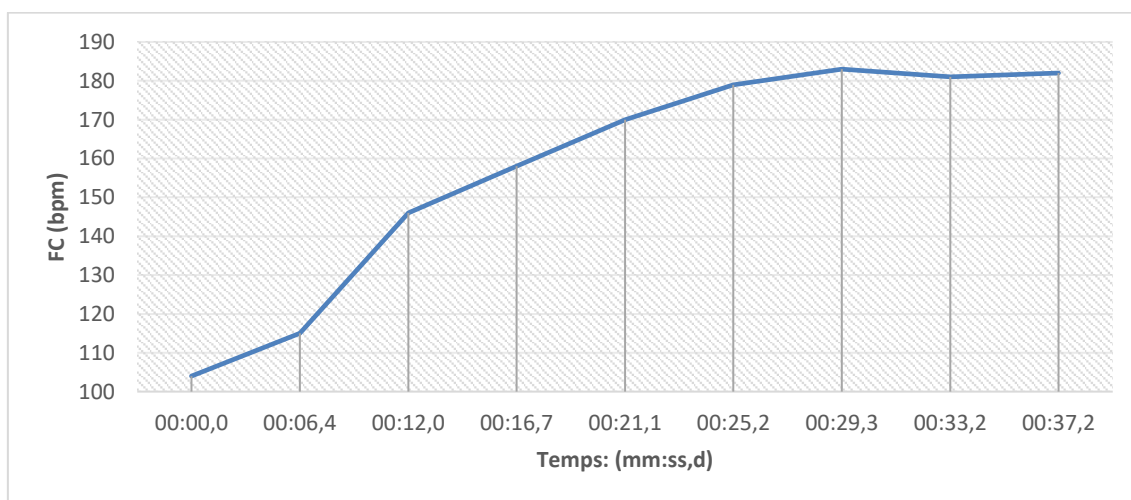


Figura 17: Gràfica demostrativa del comportament de la FC a Shuttle Sprint del subjecte masculí 2. Hi ha una progressió gradual de la FC que pot ser coincident amb el creixement de la demanda d'oxigen.

### Hold my Arms:

Comportament FC Hold my Arms		
Mitjana FC Max.	183,6	bpm
(SD +/-) FC Max.	6,95	
Mitjana FC.	168,59	
(SD +/-) FC Mitjana	8,62	
Mitjana FC Inici	92	
(SD +/-) FC Inici	2,94	
FC Basal Mitjana	50,8	
(SD +/-) FC Basal	6,06	

Taula 13: Dades registrades de la FC a Shuttle Sprint.

Hold my Arms, consisteix en 3 Bar Muscle Ups, un exercici gimnàstic, 6 Hang Power Cleans de 60 kg, exercici propi de l'halterofília, i 9 burpees, un exercici més de caràcter metabòlic. És una prova molt pròpia del Crossfit®, doncs té els tres elements que defineixen l'esport. Al Marc Teòric ha estat definit com un exercici de Força Resistència Làctica (RFLA) i de Potència Aeròbica (PAE). El temps de treball s'ha mogut entre els 5 i 8 minuts, amb una FC Mitjana de 168, del 85% d'intensitat aplicant Karvonen. La màxima no ha estat la més elevada, sent 6 bpm per sota de Double 3=6.

Comportament Parcial FC Hold my Arms	Mitjana FC en bpm	(SD +/-) en bpm	Intensitat mitjana	Mitjana FC Màx. en bpm	(SD +/-) FC Max en bpm
1r Quart	158,36	13,35	77,80%	171,20	10,13
2n Quart	168,61	8,21	85,22%	176,00	7,58
3r Quart	170,75	8,01	86,77%	179,60	8,47
4t Quart	174,24	7,66	89,30%	183,60	6,95
Últims 30"	178,37	6,70	92,30%	183,60	6,95

Taula 14: Comportament de la FC a Hold my Arms. El temps ha estat dividit en quarts i s'ha calculat el comportament de la FC segons període, i a part s'ha afegit els últims 30 segons. Es recull també la intensitat mitjana de treball, calculada mitjançant Karvonen amb la mitjana de la majora FC Màxima durant la competició.

El temps dels quarts, s'han mogut entre el minut i 15' i els 2 minuts, segons el temps de prova que han realitzat els atletes. La prova ha funcionat per blocs, amb pauses a cada bloc, hi ha atletes que han parat més, inclús trencant blocs proposats. Si observem la FC Mitjana, i la intensitat de treball, no és especialment fins l'últim quart o els últims 30 segons que s'observa una intensitat que podria indicar que es trenca l'illindar anaeròbic. Però si observem la FC Màxima mitjana dels períodes, veiem que hi ha fortes diferències amb la mitjana, demostrant que s'han establert pauses. Aquest comportament, es deu a que segurament, la sol·licitació de treball era més pròpia d'una capacitat làctica (CLA), que d'una PAE, doncs no s'ha mantingut la intensitat, i segurament s'ha trencat l'illindar anaeròbic i el límit de la PAM en almenys ens últims 3 quarts.

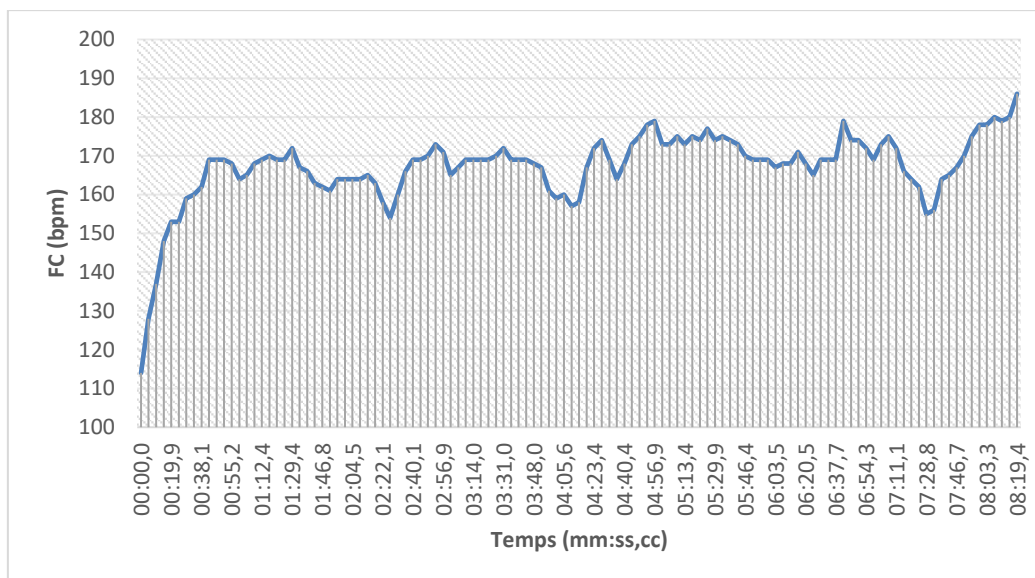


Figura 18: Gràfica demostrativa del comportament de la FC a Hold my Arms. Mostra baixades de FC en les recuperacions en pauses de 10-20", certa estabilització on l'atleta no decideix esprintar, i canvis d'intensitats constants.

Cal sumar que s'hi afegeix una fatiga local, si bé els exercicis són força globals, per l'esforç de força resistència làctica. Seria interessant veure el comportament de l'acid làctic en aquest Event, i ens confirmaria realment si ha estat una prova de capacitat làctica. També afegir que és una situació clarament mixta, doncs s'està realitzant un treball continuat, amb el que hi ha una acumulació de deute d'oxigen que és al meu entendre el que eleva la FC Màxima fins a parar. Precisament perquè s'atura, és el que em fa pensar que es troba més en zona de Capacitat Làctica que de Potència Aeròbica Màxima, sent tot de treball en intervals com es mostra a la figura 18.

Així doncs, considero que Hold my Arms, és una prova de Capacitat Làctica, (CLA) i Força Resistència Làctica (RFLA). Afegir que com he comentat, aquesta prova és molt pròpia dels WODs de Crossfit® amb el que es confirmaria la definició que fa Greg Glassman del quin és el seu factor de treball.

### Climber Fran:

Comportament FC Climber Fran		
Mitjana FC Max.	182,6	bpm
(SD +/-) FC Max.	7,02	
Mitjana FC.	166,64	
(SD +/-) FC Mitjana	7,32	
Mitjana FC Inici	97,5	
(SD +/-) FC Inici	1,29	
FC Basal Mitjana	50,8	
(SD +/-) FC Basal	6,06	

Taula 15: Dades registrades de la FC a Climber Fran.



Climber Fran és una prova de caràcter molt similar a Hold my Arms, precisament pel fet de que és un WOD curt que disposa de dos dels elements que defineixen Crossfit®, i basat en una de les Girl programades per Greg Glassman. Es basa en un 21-15-9 repeticions de Thrusters, alternat amb un 3-2-1 repeticions d'escalar a corda (Rope Climb). Al Marc Teòric ha estat definit com un exercici de Força Resistència Làctica (RFLA) i de Potència Aeròbica (PAE). El temps de treball s'ha mogut entre els 5 i 8 minuts, amb una FC Mitjana de 167, del 84% d'intensitat aplicant Karvonen. La màxima no ha estat la més elevada, 7 bpm per sota de la mitjana de FC Màxima detectada. De fet, els registres són molt similars als esmentats a Hold my Arms, fet que ens confirma que són proves de caràcter molt similar.

Comportament Parcial FC Climber Fran	Mitjana FC en bpm	(SD +/-) en bpm	Intensitat mitjana	Mitjana FC Màx. en bpm	(SD +/-) FC Max en bpm
1r Quart	155,47	9,93	75,71%	173,60	10,14
2n Quart	167,09	8,88	84,12%	177,00	7,18
3r Quart	169,20	6,04	85,66%	179,60	7,16
4t Quart	172,70	5,59	88,19%	182,60	7,02
Ultims 30"	174,15	6,62	89,24%	182,60	7,02

Taula 16: Comportament de la FC a Climber Frans. El temps ha estat dividit en quarts i s'ha calculat el comportament de la FC segons període, i a part s'ha afegit els últims 30 segons. Es recull també la intensitat mitjana de treball, calculada mitjançant Karvonen amb la mitjana de la majora FC Màxima durant la competició.

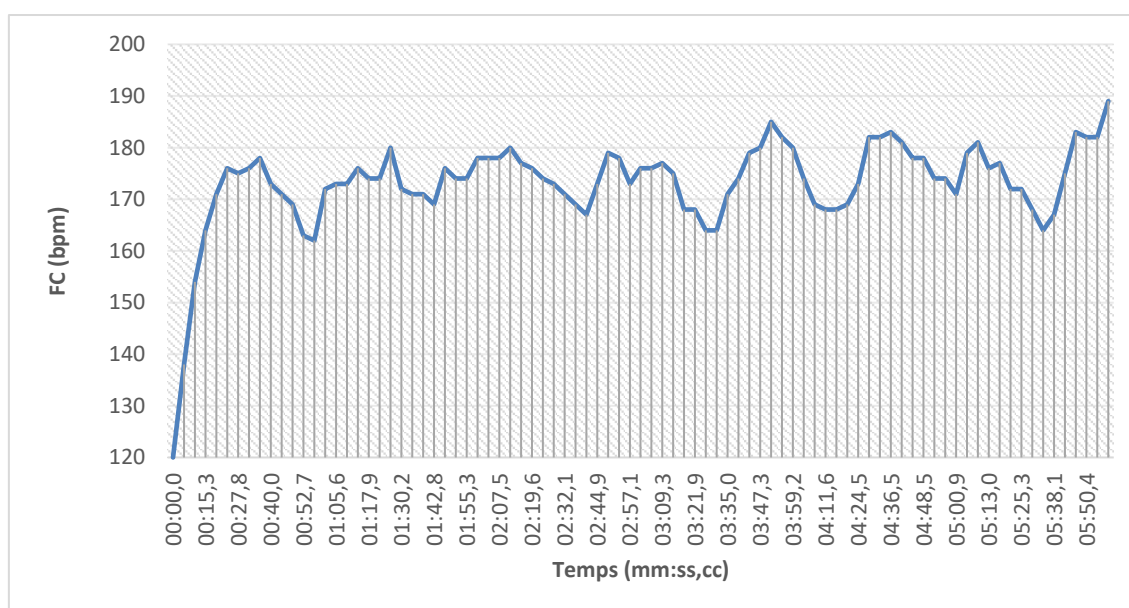


Figura 19: Gràfica demostrativa del comportament de la FC a Climber Fran, fins a 7 pauses grans que es mouen entre els 10-20", i algunes micropauses.

El primer que em destaca de Climber Fran, és la seva semblança amb Hold my Arms, tant pel que fa en temps, com pel que fa en comportament de la FC, amb unes intensitats creixents en base el temps, i unes FC Màximes elevades des del 3r quart. El temps dels quarts, també s'ha mogut entre el minut 15'' i els 2 minuts. El comportament gràfic descrit a la Figura 19 també té un punt coincident amb les pauses. Per tant, han existit pauses i una estratègia de blocs, especialment en els Thrusters, on no s'han realitzat de manera seguida (unbroken en vocabulari Crossfit). La Mitjana de la FC en els quarts, recull aquesta recuperació, amb el que hi ha una clara diferència amb les màximes, i és especialment en els últims dos quarts on la intensitat de treball ja és elevada, amb el que també es pot pensar que ja s'ha trencat l'íllindar anaeròbic, i inclús la PAM.

Igual que el Event anterior, la sol·licitació de treball és més pròpia de la Capacitat Làctica (CLA), existint també un deute d'oxigen al no poder mantenir la intensitat que és el que obliga a l'atleta a la pausa. Pel que fa als exercicis són clarament de Força Resistència Làctica (RFLA), sent de caràcter molt global també. En aquest sentit, com el WOD anterior, es un treball per intervals com mostra la figura 19 amb les seves pauses de recuperació.

## Valoració final.

El fet de que ens falti una prova d'esforç dels atletes, que ens determini el seu punt d'illindar anaeròbic, i potència màxima; així com no poder comprovar el consum d'oxigen (VO<sub>2</sub>) i els nivells de lactat de les proves de la competició, no ens permet establir conclusions. Seria interessant poder-ho mesurar, especialment la mesura del lactat, doncs crec que és el factor més rellevant pel rendiment en el Crossfit®.

Els Events més rellevants a nivell de comportament, són el Event 5 Hold my Arms, un "Triplet", i el Event 6 Climber Fran, un "Couplet", segons el model de programació de Glassman, i són del caràcter més repetit en un Box de Crossfit. Han presentat una FC Mitjana de 168,59 ±8,62 bpm i 166,64 ±7,32 respectivament, sent un 85% i 84% de la intensitat de la FC Max de tota la competició, 189 ±5,5 al Event 2: Double 3 = 6. Podem considerar les intensitats de caràcter submàxim, i una interpretació estricta del comportament només fent referència a la Taula de Garcia Verdugo, parlaríem de que activa la capacitat aeròbica durant els 5 i 8 minuts de les proves. Però si desglossem les proves en comportament parcial, a Climber Fran veiem com la intensitat passa del 75% del primer quart, al 89% en els últims 30", arribant al 95% de la intensitat en els últims moments. Hold my Arms, té un comportament similar, del 78% al 92% arribant al 96% d'intensitat. Aquest caràcter màxim, podria indicar-nos que s'arriba a la Potència Aeròbica Màxima, però si s'observen les figures 18 i 19, el que es dedueix, és que els WODs de Crossfit, es realitzen en un enfrontament de blocs, sigui per una de les modalitats del Couplet o Triplet, o sigui dividint les modalitats depenen de les repeticions. Aquest enfrontament per blocs, permet petites recuperacions, en molts casos no forçades per una estratègia sinó per una fatiga, on hi ha una recuperació de la FC. És amb aquest comportament, i que al principi no hi ha cap intensitat màxima, sinó que acaba succeint per una acumulació de deute d'oxigen i depleció de glicogen, que on acaba succeint que els WODs tenen un caràcter de treball per intervals, com defensa Glassman, i que es treballa principalment la capacitat làctica. Els estudis presentats fins ara de la FC en el Crossfit, semblen indicar que hi ha una diferència entre el comportament de la FC, i de la intensitat de VO<sub>2</sub> Max, aspecte que des d'una valoració personal, i que els estudis fins ara presentats no han tingut en compte, quadra amb el fet de que l'energia més demanada, malgrat la FC sembli màxima, és la glucolítica.

Per tant, considero que Greg Glassman, encerta quan afirma en el tercer estandard, que els WODs treballen en els tres sistemes metabòlics, amb una demanda principal de la Capacitat Làctica (CLA) i de la Força Resistència Làctica (RFLA). Però caldria, analitzar-ho agafant realment quin és el comportament de l'àcid làctic, per poder fer una afirmació Concloent de quin sistema és el predominant en els WODs més propis del Crossfit®.

Un cop discutits i valorats els resultats, podríem tornar a classificar els *WODs*, aplicant les correccions esmentades en base al comportament descrit per la FC.

**Event 1:** Tercio Chelsea, és un WOD de Capacitat Aeròbica (CAE) i Força Resistència Làctica Aeròbica (RFALA), amb un últim interval de Potència Làctica (PLA).

**Event 2:** Double 3 = 6, és un WOD de Capacitat Aeròbica (CAE)

**Event 3:** Deadlift Ladder és un WOD de Força Màxima Intramuscular. (FMI)

**Event 4:** Shuttle Sprint, és un WOD de Potència Làctica (PLA)

**Event 5:** Hold my Arms, és un WOD de Capacitat Làctica (CLA) i Força Resistència Làctica (RFLA).

**Event 6:** Climber Fran, és un WOD de Capacitat Làctica (CLA) i Força Resistència Làctica (RFLA).

La Taula 3 per tant, quedaria modificada de tal manera:

Relació de sol·licitacions dels aspectes metabòlics/fisiològics als <i>WODs</i> de la Competició simulada a l'estudi					
RFALA	FMI	CAE	CLA	RFLA	PLA
1	1	2	2	2	2

Taula 17: Aspectes metabòlics demandats en la simulació de la competició de l'estudi un cop realitzat l'estudi. Llegenda: RFALA (Força Resistència Làctica-Aeròbica); FMI (Força Màxima Intramuscular); CAE (Capacitat Aeròbica); CLA (Capacitat Làctica); RFLA (Resistència Força Làctica); PLA (Potència Làctica).

Curiosament i sense buscar-ne l'efecte, la Taula 17 en comparació amb la Taula 3, ens ha quedat més anivellada en quan a sol·licitació de diversos aspectes metabòlics i fisiològics en la competició, coincidint també amb el segon estàndard del Crossfit.

## Aplicació pràctica.

Principalment el control de la FC ens pot servir pel control i la quantificació de les càrregues (Benson i Conolly 2011), així com també comprovar la zona metabòlica predominant considerat en aquest TFG. Com aquest aspecte ha estat valorat en la pròpia discussió i valoració de l'estudi, proposo per enriquir una manera de quantificar la càrrega dels WODs com aplicació pràctica.

En tots els esports, hi ha càrregues fisiològiques sobre els atletes. González Badillo i Ribas (2002) descriuen la càrrega d'entrenament com el conjunt d'exigències biològiques i psicològiques, sent la càrrega real, anomenada interna i les provocades per les activitats d'entrenament sent les càrregues proposades d'entrenament. De la mateixa manera, es pot aplicar la definició cap a les càrregues de competició, tot i que són de valors diferents a les d'entrenament. En tot cas, com el propi esport és un sistema d'entrenament, no seran molt diferents.

Pareja (2002) explica que la relació entre càrrega d'esforç bàsic i l'adaptació de l'organisme possibilita l'estudi de les càrregues des de dos punts de vista: Càrrega externa o característiques quantitatives i qualitatives externes dels exercicis, i les reaccions que aquestes provoquen en l'organisme sent la càrrega interna. A nivell qualitatiu, és l'avaluació tècnica, coordinació i precisió dels moviments, a nivell quantitatiu són el volum de càrrega: km, kg, etc. En quan a la càrrega interna podem mesurar la freqüència cardíaca, la pressió arterial, el nivell d'àcid làctic en sang, VO2Max, etc.

La FC és la càrrega interna més senzilla de mesurar dins d'un WOD de Crossfit®. Aquest TFG ens permet tenir una primera dimensió de quina es la càrrega real d'una competició.

Degut al tenir una semblança de comportament en base a la via metabòlica predominant, és possible fer una quantificació de càrrega mitjançant la fórmula de Bannister de la FC en Unitats Trimp, sent aquesta la que s'aplicarà pel càlcul de càrrega dels WODs:

Fórmula de Bannister:  $C(U.T) = A \times B \times C$

- A = Temps
- $B = \frac{fc \text{ mitjana} / fc \text{ repòs}}{fc \text{ màxima} - fc \text{ repòs}}$

$C = C\sigma = 0,64 \times e^{1,92B}$  //  $C\varphi = 0,86 \times e^{1,67B}$

Aplicant la fórmula, la quantificació càrrega de la competició simulada per l'estudi es mostra en la següent taula.

Quantificació de la càrrega de la Competició Simulada de l'estudi en Unitats Trimp						
Event 1	Event 2	Event 3	Event 4	Event 5	Event 6	TOTAL
23,00	91,61	3,25	2	21,83	21,28	162,97

Taula 18: Recull en Unitats Trimp de la càrrega dels Events i el total de la competició simulada de l'estudi, mitjançant els resultats, i aplicant també la mitjana del temps.

## **Limitacions i línies futures.**

Estandarditzar la competició sent exigent en el compliment dels horaris, en dos dies laborals de manera seguida, redueix les possibilitats de participació. Aquest ha estat sota el meu criteri, la principal limitació de l'estudi, doncs la mostra simplement es basa en 6 subjectes. Hagués estat interessat per donar-li major validesa superar una mostra de 10 subjectes, com s'havia plantejat en un principi.

Altres limitacions que presenta l'estudi, és el no disposar d'una prova d'esforç de cadascú dels atletes, que determinés els límits i facilités la valoració, tenint un caràcter molt més conclouent i de validació.

Després, per una qüestió de temps disponible no s'ha pogut abordar altres dades recollides en aquest estudi, i que poden marcar les línies futures. Cal dir que la quantitat de dades recollides, és molt extensa, i tractar-les totes sortiria del creditatge previst per el TFG dins del Grau.

Una línia futura, és el comportament de la FC de Recuperació dels diversos WODs programats, així com la variabilitat de la FC durant la competició i recuperació. En el comportament gràfic demostrat, i sent d'un sol subjecte, ja es visualitza la ràpida recuperació dins dels WODs, que demostra l'adaptabilitat d'un atleta de Crossfit® a l'entrenament en intervals. També analitzar la variabilitat com un element important d'aquesta.

Sortint ja del comportament de la FC, el Crossfit® necessita ser quantificat en el lactat, cal un anàlisi de quina és l'adaptabilitat dels atletes i quina és la demanda dels WODs, per poder ser més precisos com a preparadors físics i establir pautes d'entrenament que facilitin la superació dels WODs.

A partir d'aquí, i al ser un esport emergent, ja es poden analitzar molts altres aspectes, com quina és la força desenvolupada, la potència, el grau de coordinació, l'equilibri, tot basat en el primer estàndard del Crossfit, fet que permetria validar també si Greg Glassman té raó en els seus elements fundacionals.

## Referències Bibliogràfiques.

Babiash, P. E. (2013). *Determining the energy expenditure and relative intensity of two crossfit workouts* (Doctoral dissertation, UNIVERSITY OF WISCONSIN-LA CROSSE)

Benson, R., & Connolly, D. (2011). *Heart rate training*. Human Kinetics.

Bowles, N (9 de setembre de 2015). Exclusive: On the warpath with crossfit's Greg Glassman. Maxim. Recuperat de: <http://www.maxim.com/maxim-man/crossfit-greg-glassman-exclusive-2015-9>

Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2006). *Fisiologia del ejercicio/Physiology of Exercise*. Ed. Médica Panamericana.

Crossfit, Inc. [Crossfit®]. (2014, 20 de febrer). *The test of fitness* [Axiu de video]. Recuperat de: <https://www.youtube.com/watch?v=3eGgWEr-Vv8&t=1561s>

Cecil, A. (2016). Decade of Dominance. *CrossFit Journal, July 2016*.

Elstad, M., Nådland, I. H., Toska, K., & Walløe, L. (2009). Stroke volume decreases during mild dynamic and static exercise in supine humans. *Acta Physiologica, 195*(2), 289-300.

García-Verdugo, M., & Delmas, M. G. V. (2007). *Resistencia y entrenamiento: Una metodología práctica* (No. Sirsi) i9788480199094).

Glassman, G. (2003). A Theoretical Template for CrossFit's Programming. *Crossfit Journal, February 2003*

Glassman, G. (2002). What is fitness. *CrossFit Journal, October, 2002*

Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of Sport and Exercise 6th Edition*. Human kinetics.

Kluszczewicz, B., Snarr, R., & Esco, M. (2014). Metabolic and Cardiovascular response to the crossfit workout "Cindy": A pilot Study. *J Sport Human Perf, 2*(2), 1–9.

Matossian, S., Peterson, C. (producers i directors). (2009). *Every Second Counts* [documental]. Estats Units

Murawska-Cialowicz, E., Wojna, J., & Zuwała-Jagiello, J. (2015). Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women. *J Physiol Pharmacol, 66*(6), 811-21.

Parlebas, P. (2008). *Juegos, deporte y sociedades. Léxico de praxeología motriz* (Vol. 36). Editorial Paidotribo.

Partridge, J. A., Knapp, B. A., & Massengale, B. D. (2014). An investigation of motivational variables in CrossFit facilities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1714-1721.

Perciavalle, V., Marchetta, N. S., Giustiniani, S., Borbone, C., Perciavalle, V., Petralia, M. C., ... & Coco, M. (2016). Attentive processes, blood lactate and CrossFit®. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(4), 403-406.

Petrik, M. (2014). Crossfit. Programa de Iniciación. Editorial Tutor

Petrik, M (2015). Crossfit. Programa avanzado. Editorial Tutor

Smith, D. L., & Fernhall, B. (2011). *Advanced cardiovascular exercise physiology*. Human Kinetics.

Smith, M. M., Sommer, A. J., Starkoff, B. E., & Devor, S. T. (2013). Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3159-3172.



## INFORME DE CONSENTIMENT INFORMAT

### Estudi de la freqüència cardíaca en el Crossfit®

Jo, \_\_\_\_\_, amb DNI: \_\_\_\_\_; participo de manera voluntària en l'estudi de recerca conduït per la Universitat Ramon Llull.

#### Justificació i procediments:

- El motiu de l'estudi és estudiar el comportament de la freqüència cardíaca en el transcurs d'una competició de Crossfit.
- La meua participació consisteix en realitzar la competició, amb un monitor de freqüència cardíaca Polar RS800CX.
- La competició engloba dos dies seguits, podent ser dos matins o un cap de setmana. He estat informat de l'horari de competició, així com els períodes de descans, amb el comportament demanat en l'adjunt a l'informe de consentiment.
- El temps total de l'estudi són de 5 hores durant dos dies.
- El test es realitzarà a Crossfit Poblenou.
- La recerca està autoritzada per la Facultat de Psicologia i Ciències de l'Educació i Esport de Blanquerna, URL.

#### Riscs potencials:

- Experimentaré fatiga muscular, dolor, i dificultats respiratòries pròpies d'una competició de Crossfit.
- Hi ha el risc de lesió pròpia de l'esport en competició. Tinc el dret de negar-me a realitzar la prova per qualsevol indisposició.
- Hi hauran persones entrenades en maniobres CPR i desfibrilador durant la sessió.

#### Beneficis de la participació:

- Conèixer el comportament pròpia de la freqüència cardíaca al realitzar diversos *WODs*.
- Tenir una avaluació de la meua condició física.
- Aquest estudi ajudarà a comprendre diversos aspectes de millora en l'entrenament.

#### Drets i confidencialitat:

- En tot moment es pot decidir abandonar l'estudi.
- L'estudi i les meues dades derivades d'aquest respecte la FC podran ser publicades.

He llegit l'informe de consentiment, i he estat informat del propòsit d'aquest estudi de TFG, així com dels procediments i expectatives dels investigadors. He preguntat totes les qüestions referents a l'estudi, els riscos i beneficis que em pot reportar participar en l'estudi, i he entès tot els aspectes.

Data i signatura del participant.

Data i signatura de l'investigador.

# PAR-Q & YOU

(Un Cuestionario para Personas de 15 a 69 años)

La actividad física regular es saludable y sana, y más personas cada día están comenzando a estar más activas. Ser más activo es seguro para la mayoría de las personas. Sin embargo, algunos individuos deben consultar a un médico antes de iniciar un programa de ejercicio o actividad física.

Si usted está planificando participar en programas de ejercicio o de actividad física, lo recomendado es que responda a las siete preguntas descritas más abajo. Si usted tiene entre 15 y 69 años de edad, el cuestionario PAR-Q le indicará si necesita consultar a su médico antes de iniciar un programa de ejercicio o actividad física. Si usted tiene más de 69 años de edad, y no está acostumbrado a estar activo, consulte a su médico.

El sentido común es la principal guía para contestar estas preguntas. Favor de leer las preguntas con cuidado y responder cada una honestamente; Marque SI o NO.

SÍ	NO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. ¿Alguna vez su médico le ha indicado que usted tiene un problema cardiovascular, y que solamente puede llevar a cabo ejercicios o actividad física si lo refiere un médico.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. ¿Sufre de dolores frecuentes en el pecho cuando realiza algún tipo de actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. ¿En el último mes, le ha dolido el pecho cuando no estaba haciendo actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. ¿Con frecuencia pierde el equilibrio debido a mareos, o alguna vez ha perdido el conocimiento?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. ¿Tiene problemas en los huesos o articulaciones (por ejemplo, en la espalda, rodillas o cadera) que pudiera agravarse al aumentar la actividad física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. ¿Al presente, le receta su médico medicamentos (por ejemplo, pastillas de agua) para la presión arterial o problemas con el corazón?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. ¿Existe <u>alguna otra razón</u> por la cual no debería participar en un programa de actividad física?

Si

usted

contestó

## SÍ a una o más preguntas:

Hable con su médico por teléfono o en persona ANTES de empezar a estar más activo físicamente, o ANTES de tener una evaluación de su aptitud física. Dígale a su médico que realizó este cuestionario y las preguntas que usted respondió que SÍ.

- Usted puede estar listo para realizar cualquier actividad que desee, siempre y cuando comience lenta y gradualmente. O bien, puede que tenga que restringir su actividad a las que sea más segura para usted. Hable con su médico sobre el tipo de actividades que desea participar y siga su consejo.
- Busque programas en lugares especializados que sean seguros y beneficiosos para usted.

## No todas preguntas:

Si usted contestó NO honestamente a todas las preguntas, entonces puede estar razonablemente seguro que puede:

- Comenzar a ser más activo físicamente, pero con un enfoque lento y que se progrese gradualmente. Esta es la manera más segura y fácil.
- Formar parte de una evaluación de la aptitud física; esta es una manera excelente para determinar su aptitud física de base, lo cual le ayuda a planificar la mejor estrategia de vivir activamente. También, es muy recomendable que usted se evalúe la presión arterial. Si su lectura se encuentra sobre 144/94, entonces, hable con su médico antes de ser más activo físicamente.



## DEMORE EL INICIO DE SER MÁS ACTIVO: Si

- usted no se siente bien a causa de una enfermedad temporera, tal como un resfriado o fiebre, entonces lo sugerido es esperar hasta que se recupere por completo; o
- Si usted está o puede estar embarazada, hable con su médico antes de comenzar a estar físicamente más activa.

**POR FAVOR:** Si un cambio en su salud lo obliga a responder SÍ a cualquiera de las preguntas, es importante que esta situación se le informe a su médico o entrenador personal. Pregunte si debe modificar su plan de ejercicio o actividad física.

**Uso Informado de PAR-Q:** La Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio, y sus agentes, no asumen ninguna responsabilidad legal para las personas que realizan ejercicio o actividad física; en caso de duda después, de completar este cuestionario, consulte primero a su médico.

No se permiten cambios. Se puede fotocopiar el PAR-Q, únicamente si se emplea todo el formulario.

**NOTA:** Si se requiere administrar el PAR-Q antes que el participante se incorpore a un programa de ejercicio/actividad física, o se someta a pruebas de aptitud física, esta sección se puede utilizar para propósitos administrativos o legales:

"Yo he leído, entendido y completado el cuestionario. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción."

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

FIRMA DEL PARIENTE: \_\_\_\_\_

TESTIGO: \_\_\_\_\_

o TUTOR (para participantes menores edad)

**NOTA:** Este cuestionario es válido hasta un máximo de 12 meses, a partir de la fecha en que se completa. El mismo se invalida si su estado de salud requiere contestar SÍ en alguna de las siete preguntas.

**NOTA.** Obtenido de: The Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q & YOU, por Canadian Society for Exercise Physiology, 2002. Copyright 2002 por Canadian Society for Exercise Physiology, [www.csep.ca/forms](http://www.csep.ca/forms). Recuperado de <http://www.csep.ca/cmfiles/publications/parq/par-q.pdf>



## Participant

<b>Nom o alies:</b>		<b>Correu electrònic:</b>	
<b>Edat:</b>		<b>Telèfon (opcional):</b>	

## Formulari inscripció:

<b>Disponibilitat horària:</b>	De 8H a 10H	De 10H a 12H	De 12H a 14H		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>Disponibilitat setmana:</b>	Setmana del 3-7 abril	Setmana del 10- 12 d'abril	Setmana del 18- 21 d'abril		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>Disponibilitat en dies de la setmana (Dos consecutius):</b>	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Temps i nivell entrenament:</b>	RX	Entre S1 i RX	Més de 6 mesos en S1		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>He realitzat prova d'esforç en l'últim any (2016)?</b>	Sí	No	No, però podria realitzar-la		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

## Preguntes o comentaris per a l'investigador:

*(opcional)*

OBJECTIUS PROPIS PER  
PARTICIPAR A L'ESTUDI

*(opcional)*

## En el moment de l'estudi:

Per a la correcta validació de l'estudi, de manera opcional confirmo que:

- He pres alguna substància estimulants del sistema nerviós en les 24 hores prèvies a l'estudi, sigui cafè, alcohol o qualsevol altre estimulants.
- No he pres cap substància estimulants del sistema nerviós en les últimes 24 hores prèvies a l'estudi.

## Breu explicació de l'estudi (adreçat als subjectes).

### Introducció i justificació:

La freqüència cardíaca (FC) s'ha demostrat com un important instrument de control de l'entrenament en l'esport, per ser un descriptor del sistema metabòlic utilitzat. El coneixement d'aquesta, permet realitzar millores depenent de les necessitats de cada esport, sigui una millora del sistema aeròbic o anaeròbic.

En la definició de Crossfit®, s'estableix que principalment es treballa amb les tres vies metabòliques. Per intensitat i durada, podem suposar que es treballa a una FC moderadament alta durant les diverses modalitats dels WODs. Confirmem el supòsit amb els estudis validats per Kliszewics et al. (2014), on la freqüència cardíaca mitjana (FCM) recollida durant la realització del WOD "Cindy" es de  $170 \pm 13$  bpm, treballant al 90% de la freqüència cardíaca màxima (FCMax). Smith et al. (2013) confirmem l'adaptació estable de millora en la capacitat màxima aeròbica i anaeròbica, confirmant el treball metabòlic del Crossfit®

En conseqüència, és important tenir en compte la FC com un instrument de control en el Crossfit®. Però actualment encara no existeix una diversitat d'estudis que aprofundeixin en el comportament de la FC durant una competició en el Crossfit®, essent a més a més un element de control poc utilitzat en comparació amb les línies generals de l'esport o l'activitat física. Aquest estudi respon a la necessitat de començar a tenir una validació científica i a incorporar l'anàlisi de la FC com un instrument de control més per a la millora dels atletes.

### Descripció de l'estudi:

Es realitzarà una competició simulada de Crossfit® dins dels límits de disponibilitat dels subjectes d'estudi, durant dos dies seguits en l'última setmana de març. Es realitzaran 3 WODs durant aquests dos dies, sent una prova estandarditzada per a tots els participants en quan a interval de descans, procurant que sigui en tot moment en el transcurs de dues hores.

La simulació constarà de:

Dia 1	Dia 2
WOD 1 a les 10:00-10:10 Metabòlic: EMOM 10'	WOD 3 a les 10:00-10:15 Sprint: Anaeròbica
WOD 2 a les 10:15-10:45 Metabòlic: Aeròbica	WOD 4 a les 10:30-10:45 Força Resistència Làctica + Potència Aeròbica (Halterofília + Gimnàstica)
WOD 3 a les 11:30 Força Màxima: Max RM.	WOD 5 a les 11:30-12:00 Força Resistència Làctica + Potència Aeròbica (Halterofília + Gimnàstica).

\*L'horari és de caràcter referent, així com els WODs, a pactar amb els Coaches i atletes del BOX.

**Instrument de mesura:**

L'instrument de mesura serà un monitor de freqüència cardíaca Polar RS800CX amb sensor H3 per a cada atleta, que registrarà la FC durant la prova i recuperació, mitjançant la transmissió de dades a PC. Demanarem que es mantingui sensor i monitor durant els 5 minuts posteriors als *WODs*.

**Mostra:**

Els subjectes seran atletes que participen entre S1 i RX. Tots els subjectes seran degudament informats de l'estudi, riscos de l'esforç cardiovascular, així com dels *WODs* a realitzar, estant d'acord amb ell i donant un consentiment firmat. Així mateix tindran que superar positivament el qüestionari PARQ&YOU, validat per la Societat de Fisiologia Cardiovascular de Canadà i utilitzat com a model d'avaluació internacional per la participació en proves de caràcter cardiovascular. També s'hauran de comprometre a no prendre cap substància estimulants (café o alcohol les 24 hores prèvies a l'estudi), a no realitzar cap entrenament previ al mateix dia, i a respectar l'horari acordat, del contrari no podrà participar i es podrà parlar de realitzar-ho en un altre dia.

Tot subjecte en base als seus motius, té dret a deixar la prova voluntàriament, inclús en el transcurs d'aquesta.

Tot subjecte que participi en les proves rebrà un anàlisi de les seves dades així com l'estudi complet si ho desitja.

**Anàlisi de Dades:**

**Coneixerem les següents dades:**

- FC Màxima en *WODs* en bpm.
- Intensitats zonals de la FC durant *WODs* en % i temps.
- Evolució de la FC en recuperació en cada WOD i temps.

Comparant el comportament de la FC amb els diversos resultats de WOD, trobarem les necessitats fisiològiques cardiovasculars de cada WOD així com les oportunitats de millora dels atletes participants.

## WORKOUTS de l'Estudi:

Dia 1: Aeròbic Day	Dia 2: Anaeròbic Day
<p>10:05 Event 1: <b>Tercio Chelsea:</b> 10' EMOM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Pull up</li> <li>• 10 Push Up</li> <li>• 15 Air Squat</li> </ul>	<p>10:05 Event 4: <b>Shuttle Sprint:</b> For Time</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 200 m 4x50</li> </ul>
<p>10:45 Event: 2 <b>Double 3 = 6:</b> For Time</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Km Row</li> <li>• 300 Double Unders</li> <li>• 6 km Assault Bike</li> </ul>	<p>10:30 Event 5: <b>Hold my arms:</b> 4RFT</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Muscle Ups</li> <li>• 6 Hang Power Clean (60/40 kg)</li> <li>• 9 Burpees</li> </ul>
<p>11:45 Event: 3 <b>Deadlift Ladder:</b> 10'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Find Max Deadlift</li> </ul>	<p>11:30 Event 6: <b>Climber Fran:</b> For Time (40 Kg/30 Kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Rope Climb</li> <li>• 21 Thrusters</li> <li>• 2 Rope Climb</li> <li>• 15 Thrusters</li> <li>• 1 Rope Climb</li> <li>• 9 Thrusters</li> </ul>

- Per estandarditzar el test, tots els participants realitzaran les proves a la mateixa hora prèviament acordada.
- Caldrà tenir presa la FC Basal en el moment de llevar-se els dies de competició (comptar pulsacions amb cronòmetre 1').