

# **COMPARACIÓ DEL TEST DE CAMP 20MT I 8MT EN BICICLETA PER ESTIMAR EL LLINDAR DE POTÈNCIA FUNCIONAL EN TRIATLETES AMATEURS**

Marta SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

4rt. Treball de Fi de Grau (TFG)

Tutor: Ernest Baiget

Grau en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

Facultat d'Educació, Traducció i Ciències Humanes

(Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya)

Vic, maig 2018

## SUMARI

L'objectiu d'aquesta recerca era reproduir el test de camp 20MT (Allen i Coggan, 2010) i 8MT (Gavin et al., 2012) en pujada per estimar el Llindar de Potència Funcional (FTP) i observar la correlació entre ambdós tests. 6 triatletes amateurs masculins ( $33.5 \pm 7.7$  anys,  $176.0 \pm 9.3$  cm,  $71.7 \pm 10.1$  kg) van participar de forma voluntària en l'estudi. Les proves es van realitzar en dos dies diferents separats per un mes entre sí, i ambdós es van dur a terme en el port de Collsesplanes per la vessant de Sant Sadurní d'Osormort (8.19km i 5.7% de desnivell mitjà). Per enregistrar les dades cada subjecte va emprar el seu potenciòmetre i dispositiu d'enregistrament. Les variables enregistrades van ser: distància recorreguda (km), alçada guanyada (m), velocitat mitjana (dif.  $-0.1 \pm 0.6$  km/h), cadència mitjana (dif.  $-1.0 \pm 2.2$  ppm), potència mitjana ( $31.7 \pm 4.7$  W), potència màxima ( $94.0 \pm 82.4$  W), potència relativa ( $0.5 \pm 0.1$  W/kg) i la *RPE* (1-10) (Borg, 1988) (dif.  $0.7 \pm 1.8$ ). Es va calcular el FTP per ambdós tests, observant una diferència de  $12.2 \pm 4.0$  W ( $4 \pm 1\%$ ) amb una correlació de  $r = 0.987$  i una diferència respecte els valors absoluts de 4.0% i 3.8% pel test de 20MT i 8MT respectivament.

Paraules clau: Llindar de Lactat, Llindar de Potència Funcional, potència desenvolupada, potenciòmetre, test ciclisme.

## ABSTRACT

The aim of this study was to reproduce the 20MT (Allen i Coggan, 2010) and 8MT (Gavin et al., 2012) uphill climb cycling test to estimate the Functional Threshold Power (FTP), and watch the correlation between them. 6 males amateurs triathletes ( $33.5 \pm 7.7$  years,  $176.0 \pm 9.3$  cm,  $71.7 \pm 10.1$  kg) took part of this study as a volunteers. The trials were done in Collsesplanes, in the side of Sant Sadurní d'Osormort (8.19km and 5.7% average gradient). To record the data, each subject used their power meter and a recording device. The recorded variables were: distance covered (km), gained height (m), average speed (dif.  $-0.1 \pm 0.6$  km/h), average cadence (dif.  $-1.0 \pm 2.2$  rpm), average power (dif.  $31.7 \pm 4.7$  W), maxim power (dif.  $94.0 \pm 82.4$  W), relative power (dif.  $0.5 \pm 0.1$  W/kg) and the *RPE* (1-10) (Borg, 1988) (dif.  $0.7 \pm 1.8$ ). The FTP was estimated for both of the test, showing a difference of  $12.2 \pm 4.0$  W ( $4 \pm 1\%$ ) with a correlation of  $r = 0.987$  and a difference regarding the absolute value of 4.0% and 3.8% for the test of 20MT and 8MT respectively.

Key words: Lactate threshold, Functional Threshold Power, power output, power meter, cycling test.

# Índex

1	Introducció .....	3
2	Marc Teòric.....	5
2.1	Breu introducció al ciclisme de competició .....	5
2.2	Fisiologia i condició física de l'entrenament de la resistència .....	6
2.3	L'entrenament de la resistència.....	7
2.4	Monitorització de la intensitat: velocitat, freqüència cardíaca i potència desenvolupada .....	7
2.5	Els tests de laboratori vs els tests de camp .....	9
2.6	Tests de camp amb potenciòmetre.....	10
2.7	El Llindar de Potència Funcional (FTP) .....	11
2.8	L'ergometria .....	12
3	Part Pràctica .....	14
3.1	Mètode .....	14
3.1.1	Subjectes .....	14
3.1.2	Instruments .....	14
3.1.3	Procediment.....	14
3.1.4	Anàlisi estadístic .....	16
3.2	Resultats .....	17
3.2.1	20MT .....	17
3.2.2	8MT .....	17
3.2.3	Comparació entre el test de 20MT i 8MT .....	18
3.3	Discussió dels resultats .....	19
3.3.1	Limitacions.....	22
3.3.2	Conclusions de la recerca.....	22
4	Conclusions sobre el procés d'aprenentatge.....	23
5	Glossari acrònims .....	26
6	Bibliografia.....	27

# 1 Introducció

Avui dia existeixen tests de camp on els resultats obtinguts són més fàcilment extrapolables a l'entrenament que les proves de laboratori. L'esport que practico és el triatló, i des de fa quatre anys, a principis de temporada l'entrenador ens fa realitzar el test de camp 20MT en pujada proposat per Allen i Coggan (2010) per determinar el Llímit de Potència Funcional, més conegut com *Functional Threshold Power* (FTP) - terme el qual empraré d'aquí en endavant -, establint així les zones d'intensitat i poder treballar amb *watts* durant els entrenaments.

Aquest test de camp és un mètode més simple (no invasiu) i que es troba a l'abast de més atletes a diferència de les proves de lactat en un test de laboratori. No obstant, trobem en la literatura científica actual varies propostes de com determinar el FTP, fins i tot sent el test que duem a terme una modificació plantejada pels mateixos autors.

Per altra banda, encara no s'ha demostrat que el FTP tingui una relació directa amb el Límit de Lactat ( $L_{LL}$ ), l'eina clau per la valoració i control de la intensitat en l'entrenament de la resistència.

Així doncs, aquesta recerca neix de la pròpia inquietud per conèixer què diu la literatura científica actual sobre la determinació del FTP com a eina de valoració i control de la intensitat, quins tests de camps hi ha actualment per estimar el FTP i, com a part experimental, veure la correlació que hi ha entre el test de 20MT que realitzem amb el test de camp 8MT proposat Gavin et al. (2012) per veure si els resultats obtinguts són equivalents.

Els objectius plantejats per aquesta recerca els divideixo en tres categories: objectius generals, objectius d'intervenció-aprenentatge i objectius personals.

Objectius generals:

- 1) Reproduir el test de 20MT i 8MT en pujada per estimar el FTP en triatletes amateurs.
- 2) Observar la correlació entre ambdós tests de camp per veure si les dades obtingudes del FTP són equivalents.

Objectius d'intervenció-aprenentatge:

- 3) Conèixer els diferents tests de camp que hi ha actualment per estimar el FTP.
- 4) Identificar i descriure les variables que interfereixen a l'hora de realitzar els test de camp.

5) Trobar una aplicació pràctica en base als resultats.

Objectius personals:

- 6) Reproduir els passos del mètode científic.
- 7) Desenvolupar la capacitat de recerca i síntesi de la informació i millorar la capacitat d'anàlisi i discussió de resultats.
- 8) Reconèixer les pròpies limitacions i encerts.
- 9) Interrelacionar els coneixements obtinguts a la Universitat amb la recerca realitzada.
- 10) Valorar-ne l'efectivitat per futures intervencions professionals.

Per assolir aquests objectius estructuraré la recerca en 3 grans blocs:

- Marc Teòric; síntesi dels coneixements cercats a partir de la bibliografia exposant els següents conceptes:
  - Breu introducció al ciclisme de competició.
  - Fisiologia i condició física de l'entrenament de la resistència.
  - L'entrenament de la resistència.
  - Monitorització de la intensitat: velocitat, freqüència cardíaca i potència desenvolupada.
  - Els test de laboratori vs el test de camp.
  - Tests de camp amb potenciòmetre.
  - El Llindar de Potència Funcional (FTP).
  - L'ergometria.
- Part pràctica; part experimental en base al punt anterior, dividida en els següents apartats:
  - Mètode: detall dels subjectes, instruments emprats, procediment i el mètode d'anàlisi.
  - Resultats: anàlisi descriptiu i diferència entre les variables enregistrades.
  - Discussió: interrelació entre la part pràctica i el marc teòric i exposició de les limitacions i conclusions de la recerca.
- Conclusions; reflexió personal sobre el procés d'aprenentatge i futures intervencions.
- Glossari d'acrònims; consulta dels termes emprats.
- Bibliografia; descripció de tot el material emprat per realitzar la recerca.

## 2 Marc Teòric

### 2.1 Breu introducció al ciclisme de competició

La bicicleta segueix sent el principal mitjà de transport en molts països del món, i com a esport recreatiu i de competició, segueix creixent i evolucionant. El ciclisme de competició és un dels esports més durs i exigents i actualment trobem 8 disciplines reconegudes per la Unió Ciclista Internacional (UCI) que són: ruta o carretera, pista, muntanya, camp a través, BMX, trial, sala i paralímpica. Cadascuna d'elles té unes demandes fisiològiques particulars marcades principalment pel terreny on es du a terme la prova i la normativa que la regula (temps, distància, equipament,...). En aquest estudi em centraré en la disciplina de ruta o carretera ja que és la que més s'assimila al segment ciclista del triatló, l'esport que practico.

Dins el ciclisme en ruta trobem les proves en línia d'un dia, on les de major prestigi s'anomenen clàssiques i duren entre 1-5h, també hi ha el critèrium que es realitza en un circuit urbà tancat a la circulació. Les proves per etapes tenen una durada mínima de dos dies i un màxim de 3 setmanes com el Giro d'Itàlia, el Tour de França o la Volta Espanya on es combinen etapes en línia i contrarellotges. Per altra banda, la prova de contrarellotge individual i per equips també està reconeguda. Per tant, a l'hora de determinar el rendiment d'un ciclista s'hauran de tenir en compte varis factors, ja que en un port de muntanya una de les dades més important és la potència relativa ( $W/kg$ ) mentre que en una contrarellotge serà la aerodinàmica i la potència absoluta (Tan i Aziz, 2005). Un altre aspecte a tenir en compte és que, tot i que el ciclisme sigui un esport principalment aeròbic, també requereix energia del sistema anaeròbic; el ciclista ha de ser capaç de generar un pic de potència elevat en un temps relativament curt durant l'inici de la cursa, en una pujada empinada o en un esprint final per exemple (Faria et al., 2015).

No hem d'oblidar doncs, que ens els esports cíclics de resistència com és el ciclisme o el triatló, un dels principals objectius és mantenir la velocitat el més alta possible durant tot el temps que dura la competició, tenint en compte que aquesta variarà en funció del terreny i del moment de la cursa principalment. García Manso (2006) defineix la resistència com la capacitat funcional de mantenir una activitat sense que l'aparició de la fatiga alteri significativament la qualitat de la tasca o l'obligui a suspendre. Així doncs perquè un ciclista rendeixi a un alt nivell, necessitem saber una sèrie de paràmetres fisiològics determinants pel rendiment.

## 2.2 Fisiologia i condició física de l'entrenament de la resistència

Els següents paràmetres són freqüents en la literatura ciclista, però molts cops es presenten de forma ambigua.

Faria et al. (2005) en la revisió *The Science of Cycling – Part 1* anomena els principals marcadors fisiològics que ajuden a predir el rendiment en ciclistes professionals, que són: (i) la potència produïda en el llindar de lactat (LT2), (ii) el pic de potència (Wpeak) marcat per la relació potència/pes (W/kg), (iii) el percentatge de fibres de tipus I en el vast lateral, (iv) el màxim estat estable de lactat (MLSS), (v) el Wpeak en LT2 i (vi) el Wpeak durant un test màxim de ciclisme. Aquests autors marquen un alta relació entre el LT2, MLSS o OBLA, i el Wpeak seria la major càrrega de treball sostinguda durant 2-3 minuts durant un test incremental fins arribar a l'extenuació.

Per altra banda Mujika (2016), descriu en el seu llibre *Endurance Training* les principals demandes fisiològiques per a l'entrenament de la resistència, sent: (i) el conjunt de sistemes format principalment pel neuromuscular, metabòlic, pulmonar i circulatori, i el termoregulador, (ii) el màxim volum d'oxigen ( $VO_{2m\grave{a}x}$ ), (iii) el llindar de lactat ( $L_{LL}$ ), (iv) factors relacionats amb la circulació de l'oxigen ( $O_2$ ), (v) les reserves de carbohidrats (vi) la fatiga dividida entre alteracions del sistema central i perifèric, on (vii) l'entrenament de la força és essencial per endarrerir l'aparició de fatiga i per últim, (viii) la capacitat de l'atleta per rendir en condicions meteorològiques extremes.

En els últims anys, el diagnòstic del **Llindar de Lactat ( $L_{LL}$ ) o Llindar Anaeròbic ( $L_{LA_n}$ )** s'ha convertit en l'eina clau per la valoració i control de la intensitat en l'entrenament de la resistència. L' $L_{LL}$  es defineix per la intensitat mínima en la qual la producció de lactat excedeix de la capacitat oxidativa del múscul. Ve marcat per l'acumulació de lactat sanguini (4 mmol/L) i s'associa a la intensitat que un atleta pot mantenir de forma estable degut a l'equilibri entre la producció i eliminació de lactat. No obstant, s'han trobat més de 25 termes relacionats amb aquests conceptes com l'aparició de lactat en sang corresponent als 4 mmol/L (*Onset of blood lactate accumulation*, OBLA), màxim estat estable (*Maximal lactate steady State*, MLSS) o llindar de lactat individual (*Individual anaerobic threshold*, IAT) entre altres, on molts d'ells guarden un alta correlació entre sí com  $L_{LL}$  i MLSS (Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T., 2009).

Un altre concepte clau és l' **$VO_{2m\grave{a}x}$**  definit com el màxim volum d'oxigen ( $VO_{2m\grave{a}x}$ ) que l'organisme és capaç d'absorbir per unitat de temps i transformar-ho en energia, és a dir, en moviment. Normalment es mesura en un test gradual al laboratori i s'expressa

en ml/kg/min. Està determinat per la genètica i limitat per factors fisiològics, no obstant, es pot millorar fins a cert punt amb l'entrenament. Com a referència, un ciclista d'alt nivell pot estar entre els 70 i 80 ml/kg/min i generalment les dones tenen uns valors d'entre un 8-10% menys que els homes (Mujika, 2016).

Per posar un exemple; dos ciclistes tenen la mateixa capacitat aeròbica ( $VO_{2m\grave{a}x}$ ) però el ciclista A té un  $L_{LL}$  del 90% respecte l' $VO_{2m\grave{a}x}$  i el ciclista B un  $L_{LL}$  del 80%, en aquest cas el ciclista A seria capaç de mantenir una velocitat mitjana més elevada durant més temps. A diferència de la capacitat aeròbica, el  $L_{LL}$  es pot modificar substancialment amb l'entrenament (Friel, 2009).

### 2.3 L'entrenament de la resistència

A l'hora de programar les càrregues per a l'entrenament de la resistència, les principals variables que es tenen en compte són: **el volum, la freqüència i la intensitat**, sent aquesta última l'aspecte més qualitatiu de la càrrega (Pallarés, 2012). El volum i la freqüència són fàcilment controlables, però la intensitat de l'exercici depèn de molts factors pel que és més difícil de controlar (Jeukendrup i Diemen, 1998).

Per determinar la **càrrega d'intensitat** tenim els indicadors fisiològics esmentats anteriorment com la freqüència cardíaca (ppm), el consum d'oxigen ( $VO_2$ ) i la concentració d'àcid làctic ( $mmol \cdot L^{-1}$ ), així com la valoració subjectiva de l'esforç amb el *Rating of perceived exertion (RPE)* o l'Escala de Borg (1-10) (Borg, 1988). Per determinar la càrrega externa tenim els indicadors de rendiment com el ritme de desplaçament, velocitat d'execució, percentatge d'una repetició màxima (%1RM) o potència mecànica (W) (García Manso, 2006).

### 2.4 Monitorització de la intensitat: velocitat, freqüència cardíaca i potència desenvolupada

Jeukendrup i Diemen (1998) diuen que per obtenir uns efectes òptims a l'entrenament i evitar la sobrecàrrega, és necessari monitoritzar la intensitat de l'exercici, per això necessitem indicadors fiables. En el seu estudi fet amb ciclistes professionals, analitzen els següents tres indicadors: **velocitat, freqüència cardíaca i potència desenvolupada**.

Pel que fa a **la velocitat** argumenten que no és un indicador gaire acurat d'intensitat; simplement si revisem el rècord de la hora dels últims anys, veurem que ha augmentat desmesuradament. El primer de tots es va registrar a París en 1893 pel ciclista Henri



Desgrange amb una velocitat de 35.325 km/h, mentre que l'actual rècord el té Bradley Wiggins amb una velocitat de 54.526 km/h al velòdrom Lee Valley VeloPark a Londres el 2015. Això es degut principalment a l'aerodinàmica – canvis en la posició del cos i millores en l'equipament – que han provocat una reducció en el cost energètic del ciclista. Altres factors com la pendent de la carretera o el 'drafting' fan també que la velocitat es vegi alterada (Jeukendrup i Diemen, 1998).

El segon indicador, la **freqüència cardíaca**, tradicionalment ha sigut el més emprat i avui dia encara molts entrenadors l'utilitzen per planificar les càrregues d'entrenament. El test de Conconi (Conconi et al., 1982) ha sigut un dels referents per determinar el  $L_{LL}$  o  $L_{LA_n}$  monitoritzant únicament la freqüència cardíaca. Aquest test consisteix en realitzar una prova d'esforç incremental progressiva en cursa o en bicicleta; el punt de depressió en la corba del ritme cardíac sigmoïdal respecte la corba de velocitat (o potència) correspon al "punt d'interrupció de la freqüència cardíaca" (Jeukendrup i Diemen, 1998). No obstant, des de la seva publicació aquest test ha estat subjecte a múltiples estudis per determinar la seva fiabilitat (Jeukendrup et al, 1997, Hofmann et al, 1997), inclòs sent modificat i adaptat per a nens i joves (Ballarín et al., 1996).

L'objectiu d'aquests test és determinar les zones d'intensitat pròpies de cada individu per a la prescripció de les càrregues d'entrenament. Pels novells normalment s'estableixen 3 zones d'intensitat basades en el primer i segon punt de ventilació corresponent als 2mmol/L i 4mmol/L de lactat en sang respectivament, mentre que pels experts s'estableixen 5 ja que fan més precisa la prescripció de l'entrenament (Mujika, 2016). En la següent taula s'observen les diferents zones d'intensitat:

<b>Zona d'intensitat</b>	<b>FC (% màx)</b>	<b>Lactat en sang (mmol/L)</b>	<b>Temps de treball efectiu</b>
<b>1</b>	60-70	0.8-1.5	1-6h
<b>2</b>	73-81	1.5-2.5	1-3h
<b>3</b>	82-87	2.5-4.0	50-90 min
<b>4</b>	88-93	4.0-6.0	20-60 min
<b>5</b>	94-100	6.0-10.0	15-30 min

Taula 1: Adaptació *Intensity zones* (Mujika, 2016).

Altres autors com Pallarés i Morán (2012) en defineixen 7 acord els diferents mètodes d'entrenament per a la resistència, resumit en el següent requadre:

Zona o ritme	%VO <sub>2</sub> màx	FC (% màx)	Lactat en sang (mmol/L)
<b>R0. Recuperació activa o regeneratiu</b>	<65	<65	-
<b>R1. Llindar aeròbic</b>	65-75	70-80	1-2
<b>R2. Llindar anaeròbic</b>	75-85	80-90	2-4
<b>R3. Consum màxim d'oxigen</b>	90-100	95-100	4-8
<b>R4. Capacitat anaeròbica</b>	-	-	8-14
<b>R5. Potència anaeròbia</b>	-	-	Màx.
<b>R6. Potència anaeròbica alàctica</b>	-	-	-

Taula 2: Adaptació Zonas y Adaptaciones (Pallarés i Morán, 2012).

El tercer indicador analitzat per Jeukendrup i Diemen (1998) és **la potència** desenvolupada sobre la bicicleta mesurada amb un dispositiu. En els darrers anys, gracies als avenços tecnològics **el potenciòmetre** ha agafat més rellevància en el cas del ciclisme. No és que aquest instrument no es conegués, però degut al seu cost elevat només es podia realitzar en alguns test de laboratori i era inaccessible per la majoria d'atletes, pel que no tenia sentit emprar-lo.

En física, la potència es descriu com el treball dividit pel temps ( $P=W/t$ ), que de forma més reduïda en el ciclisme es podria traduir com la magnitud del desenvolupament (treball) entre la cadència (temps). Així doncs, si augmenta la magnitud del desenvolupament i la cadència es manté constant o s'incrementa la cadència utilitzant el mateix desenvolupament, la potència augmenta (Friel, 2009).

El potenciòmetre mesura la taxa real de treball (potència) en *watts* (W), a través d'uns sensors situats en diferents punts d'aplicació de força. Les dades són transferides a un computador que permet mesurar i enregistrar la potència, velocitat, distància recorreguda i cadència del pedaleig, estimant així la potència desenvolupada (Jeukendrup i Diemen, 1998).

Més endavant profunditzaré en els tests i els instruments emprats per determinar aquest paràmetre.

## 2.5 Els tests de laboratori vs els tests de camp

Abans de planificar i programar per això, hem de conèixer l'estat inicial del subjecte i els valors dels quals partim, per després poder dissenyar un entrenament individualitzat. Avui dia existeixen múltiples proves vàlides per valorar la qualitat

aeròbica en esportistes, que varien en funció dels mitjans disponibles i de la pròpia finalitat. Cal distingir doncs entre els tests de laboratori i els tests de camp:

- **El tests de laboratori** són proves realitzades en un laboratori de Fisiologia de l'Exercici i/o Medicina amb un cicloergòmetre en unes condicions totalment controlades i estables. Els valors obtinguts són més fàcilment comparables a altres tests, tant del mateix atleta com d'atletes diferents.
- **El tests de camp** són proves realitzades sobre la pròpia bicicleta d'entrenament i/o competició en condicions variables i inestables.

Ambdós serveixen per avaluar i analitzar els paràmetres fisiològics i de rendiment de l'esportista, però el segon té l'avantatge que es realitza en un medi més natural i similar a la pràctica habitual de l'esportista, per la qual cosa els resultats ens donen un valor més fiable de cara a programar l'entrenament. A més a més, és més econòmic i necessita menys material. Per contra, els resultats obtinguts són més difícils de quantificar degut a les interferències de les condicions ambientals i majors variables a tenir en compte (Cejuela, 2006).

## 2.6 Tests de camp amb potenciòmetre

Gómez (2016) recull els diferents test de camp en ciclisme que hi ha per determinar el rendiment i les zones d'entrenament mitjançant el potenciòmetre i els classifica de la següent forma:

- Test esprints; tenim el test *Intermittent Power* (IP) que té un alta correlació amb el rendiment en una prova de XCO, prenent valors de  $P_{rel}$  i no absoluta.
- FTP; útil per estimar el valor de  $L_{LL}$ , trobem el de 20MT i 8MT.
- *Time trial* (contrarellotge); també útil per estimar el  $L_{LL}$ , i tenim el TT20MT, TT30MT, TT90MT, TT1,4km (en pujada) i TT36km (pla).
- *Record Power Profile* (RPP) o Perfil de potència; reflexa l'habilitat del ciclista segons els nivells de potència en les diferents 5 zones d'intensitat plantejades.
- Test en rodet; en base a la potencia mitjana es determinen valors de  $L_{LL}$ , OBLA, VT (emprant *V-slope method*) i pic  $VO_2$ . El test de TT4M i 3MT "all-out" també ens ajuda a determinar la PAM.
- Tests velòdrom; el test de 55 i 65mts "all-out" aporten dades de potència anaeròbica làctica, 3MT, 7MT i 12MT ens donen valor de potència crítica i per determinar la PAM tenim els tests graduals.

De tots aquests el que més m'interessa és el Llíndar de Potència Funcional (FTP) degut als valors que m'aporta i els recursos de que dispo per desenvolupar-ho.

## 2.7 Líndar de Potència Funcional (FTP)

Els autors referents en l'ús del potenciòmetre en els darrers anys són Allen i Coggan (2010). Aquests autors desenvolupen un protocol per obtenir el *Functional Threshold Power* (FTP) o, en català, Líndar de Potència Funcional, que seria la potència màxima que un corredor pot mantenir de forma constant, sense fatigar-se, durant una hora. Quan la potència supera al FTP la fatiga apareix molt més ràpid que si s'està per sota, per això ho relacionen amb un valor pròxim al líndar de lactat ( $L_{L}$ ), tot i que aquesta afirmació encara requereix d'evidències científiques (Allen & Coggan, 2010).

Aquest **test de camp** és un mètode més simple (no invasiu) i que es troba a l'abast de més atletes a diferència de les proves de lactat en un test de laboratori. Consisteix en realitzar durant 60 minuts la màxima potència mitjana ( $P_m$ ) que un ciclista és capaç de produir. No obstant, degut a l'exigència de la prova, els mateixos autors proposen un test de duració de 20 minuts. Al valor obtingut es resta un 5% degut a la possible distorsió amb el test de 60 minuts, i s'apliquen uns percentatges per obtenir les 7 zones d'intensitat per a l'entrenament (Allen i Coggan, 2010).

Zona	Descripció	%FTP	%FC	RPE (1-10)
1	Recuperació activa	<55	<68	<2
2	Resistència	56-75	69-83	2-3
3	Ritme	76-90	84-94	3-4
4	Llíndar de lactat	91-105	95-105	4-5
5	VO <sub>2</sub> màx	106-120	>106	6-7
6	Capacitat anaeròbica	121-150	/	>7
7	Capacitat muscular	/	/	10

Taula 3: Adaptació Nivells d'entrenament de la potència (Allen i Coggan, 2010).

El test de 8 minuts (8MT) va ser dissenyat pels entrenadors de la Federació Ciclista d'Estats Units (USA Cycling) i el Centre d'Entrenament Olímpic a Colorado Springs com alternativa als tests de 60-90MT que requereixen de demanes físiques i psicològiques majors. Aquest test de camp *indoor* dut a terme en unes condicions estables (24°C; 20% humitat) va servir per la valoració inicial dels subjectes i la posterior prescripció de 8 setmanes d'entrenament. La principal dada que ens aporta és que el FTP obtingut té una correlació d'un 7.5% (18W) més alta que la potència obtinguda al  $L_{L}$  ( $PT_{lact}$ ) en el laboratori (Klika et al., 2007).

Gavin et al. (2012) i Sanders et al. (2016) afirmen que el FTP estimat derivat de la  $P_m$  durant el test de camp de 8MT equival a  $P_m$  quan l'acumulació de lactat correspon als 4mmol/L, però no és equivalent per a tots els mitjans que determinen  $L_{L}$  com  $LT+1$  i  $LT\Delta 1$  (punt en el qual l'acumulació de lactat supera l'1mmol/L).

El protocol per als dos tests mencionats anteriorment és el següent:

	<b>20MT</b>	<b>8MT</b>
<b>Escalfament</b>	20' escalfament + 3x1' cadència <100rpm d/1' 5' pedaleig suau	10' pedaleig suau + 3x1' prog. mitja-alta intensitat + 5' pedaleig suau
<b>Fase Principal</b>	5' màxim esforç 10' pedaleig suau 20' contrarellotge	8' <i>all-out effort</i> mantenint una cadència entre 80-100 rpm
<b>Tornada a la calma</b>	10-15' pedaleig suau	

Taula 4: Protocol per determinar el FTP per a 20MT (Allen i Coggan, 2010) i 8MT (Gavin et al., 2012).

I aquestes són les respectives fórmules que proposen els autors:

$FTP (W) = \text{mean power output } 8MT (W) \times 0.90$  ; Gavin et al. (2012).

$FTP (W) = \text{mean power output } 20MT (W) \times 0.95$  ; Allen i Coggan (2010).

Cal destacar que en les font cercades el test de 8MT sempre s'ha realitat en unes condicions estables i en terreny pla, mentre que pel de 20MT els propis autors no concreten si s'ha de realitzar *indoor*, *outdoor*, en pla o pujada. No obstant, Nimmerichter et al. (2011) observa que el FTP obtingut en el test de 20MT en pujada sempre dona valors més alts que en pla abans i després d'un entrenament específic ( $6.4 \pm 5.6\%$  i  $4.4 \pm 6.0\%$ , respectivament).

## 2.8 L'ergometria

La base per dur a terme els tests mencionats fins ara és l'ergometria. La gran majoria dels cicloergòmetres són dispositius estàtics que mesuren la potència produïda mentre el ciclista pedala contra una fricció desplaçada (ex: Monark), un frenat electromagnètic (ex: Lode) o la resistència a l'aire (ex: Kingcycle). També existeixen els ergòmetres mòbils com el SRM o PT que consisteix en un dispositiu incorporat en la cadena de transmissió de la pròpia bici per mesurar el par de torsió i la velocitat angular i tenen l'avantatge que tant es poden utilitzar en situacions reals de competició, en tests de camp o en test de laboratori juntament amb els cicloergòmetres mencionats

anteriorment. No obstant, la fiabilitat per a cadascun dels ergòmetres mòbils requereix de més estudis i evidències (Paton i Hopkins, 2001).

Gràcies als avenços tecnològics els ergòmetres mòbils o majoritàriament coneguts com a potenciòmetres, han agafat més rellevància en el cas del ciclisme. Com ja he comentat, no és que aquest instrument no es conegués, sino que degut al seu cost elevat només es podia utilitzar en alguns test de laboratori i era inaccessible per la majoria d'atletes, per la qual cosa no tenia sentit emprar-lo.

Els pioners van ser el SRM *Training System* (Schoberer Rad Messtechnik, Jülich, Germany) i el Power Tap (PT) (Madison, WI, USA). El primer consta d'un mesurador de potència situat a la biela on a través d'un cable sensor es transfereixen les dades a un microordinador col·locat al manillar de la bicicleta; a més nombre de galgues de deformació (dos,  $\pm 5\%$ ; quatre,  $\pm 2\%$ ; vuit,  $\pm 0.5\%$ ) més precisió té. El segon sistema va col·locat al nucli de la roda del darrere, amb vuit galgues de deformació amb una precisió del  $\pm 2.5\%$ .

Gardner et al. (2012) indiquen que quan ambdós sistemes s'empren d'acord a les recomanacions del fabricant, els valors mitjos obtinguts són fiables. Però que quan es tracta d'analitzar canvis en el rendiment per sota del 2% - en el cas de ciclistes professionals - els resultats queden limitats. L'exactitud de cadascun i entre els dos sistemes pot variar i ambdós són susceptibles a canvis en la temperatura (5.2% per SRM i 8.4% en PT) però no en quant a variacions en la cadència i el temps. Per això recomanen "calibrar" i tornar a posar a zero abans de començar qualsevol test o entrenament.

A finals del 2006, Garmin va comprar la companyia canadenca DynaStream que havia dissenyat un sistema estàndard el qual permetia que els instruments per mesurar la potència es poguessin comunicar amb una unitat central de processament de dades a través d'un protocol de transmissió inalàmbic anomenat ANT+ (Allen & Coggan, 2010), el que permet bàsicament al ciclista "barrejar i combinar" els diferents dispositius que utilitzen. Actualment hi ha una gran varietat de potenciòmetres al mercat, classificats en quatre tipus. Tots ells tenen una fiabilitat que ronda al  $\pm 2\%$ , i el preu pot variar dels 500 € fins als 3000€.

- Potenciòmetre en el nucli, situat al nucli de la roda del darrere.
- Potenciòmetre en la biela, el més econòmic actualment.
- Potenciòmetre dins del pedalier, situat dins la caixa del pedalier, quedant totalment camuflat i no exposat a factors externs.
- Potenciòmetre als pedals, integrat dins del mateix pedal.

## 3 Part Pràctica

### 3.1 Mètode

#### 3.1.1 Subjectes

6 triatletes masculins amateurs del Club Natació Vic-ETB van participar de forma voluntària en l'estudi. La mitjana d'edat, alçada i pes era de  $33.5 \pm 7.7$  anys,  $176.0 \pm 9.3$  cm,  $71.7 \pm 10.1$  kg, respectivament. Els subjectes portaven practicant mínim 4 anys l'esport del triatló acumulant una mitjana d'entre 8 i 20h setmanals. Els dos requisits per incloure'ls dins l'estudi era disposar d'un potenciòmetre i un dispositiu per enregistrar les dades i tenir la disponibilitat per realitzar els dos tests plantejats.

#### 3.1.2 Instruments

Els instruments emprats per cada subjecte van ser els següents:

Subjecte	Potenciòmetre			Dispositiu registre
	Marca	Model	Tipus	Model
1	Rotor	INPower	Biela	Garmin Edge520
2	Stages	Shimano Ultegra 6800	Biela	Suunto Ambit3 Sport
3	Favero	BePro Power Meter	Pedals	Garmin Edge520
4	Polar	Look KEO Power	Pedals	Polar M450 HR
5	Stages	Shimano Ultegra 6800	Biela	Garmin Edge520
6	PowerTap	PT G3	Nucli	Garmin Edge520

Taula 5: Instruments de registre (Elaboració pròpia, 2018).

#### 3.1.3 Procediment

Les proves es van realitzar en dos dies diferents separats per un mes entre sí, corresponents a la primera setmana de càrrega, després d'un mesocicle compost per 3 setmanes de càrrega i una de recuperació (García Manso, JM., 1996). Primer es va realitzar el test de 20MT (Allen i Coggan, 2010) i després del de 8MT (Gavin et al., 2012). Ambdós es van dur a terme en el port de Collsesplanes per la vessant de Sant Sadurní d'Osormort, amb 8.19 km de longitud, 470mts de desnivell i un 5.7% de desnivell mig (Figura 1). També es va mesurar amb el dispositiu Garmin Edge 520 i va donar un valor de 8.03km, 474mts de desnivell i 5.6% de desnivell mig (Figura 2). El millor temps enregistrat per la plataforma Strava per aquest segment és del ciclista professional George Bennett amb un temps de 20:07, pel que s'assumeix que cap triatleta amateur el completarà en menys temps del que requereix el test.

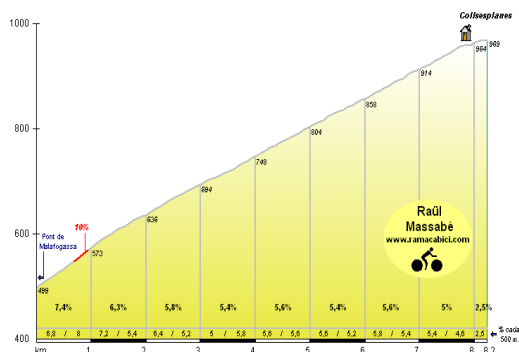


Figura 1: Perfil del recorregut (Ramacabici, 2018)

Figura 2: Perfil del recorregut amb GarminEdge520

El punt de partida va ser el Club Natació Vic-ETB, al carrer de Josep Maria Pallàs, 1 a Vic. Es va marcar el dia per realitzar els tests, però l'hora per realitzar-lo va ser en funció de la disponibilitat de cada subjecte. Abans de començar cada test es va demanar als subjectes que calibressin el seu potenciòmetre acord les instruccions del fabricant i fessin *lap* a l'inici i final del test. El protocol va ser el següent:

	20MT	8MT
<b>Escalfament</b>	30' escalfament + 3x1' prog. mitja-alta intensitat (en pujada) + 30' pedaleig suau fins arriba a peu de port	
<b>Test</b>	20' contrarellotge a màxima intensitat	8' contrarellotge a màxima intensitat
<b>Tornada a la calma</b>	Tornada suau fins a Vic	

Taula 6: Protocol del test 20MT i 8MT (Elaboració pròpia, 2018).

Les variables registrades van ser la distància recorreguda (km), l'alçada guanyada (m), la velocitat mitja i màxima (km/h), la cadència mitja (ppm), la producció de potència mitjana ( $P_m$ ) (W), potència màxima ( $P_{max}$ ) (W), la potència relativa ( $P_m/pes$ ) ( $P_{rel}$ ) (W/kg) i un cop finalitzada la prova es va demanar la percepció de l'esforç RPE (1-10) segons l'Escala de Borg (Borg, 1988). Posteriorment, per determinar el FTP dels subjectes es van aplicar les següents fórmules citades al marc teòric:

$$FTP (W) = \text{mean power output } 20MT (W) \times 0.95 ; \text{ Allen \& Coggan (2010).}$$

$$FTP (W) = \text{mean power output } 8MT (W) \times 0.90 ; \text{ Gavin et al. (2012).}$$

Cal dir que pel test de 20MT tots els subjectes l'havien realitzat amb anterioritat un mínim de dos cops en els últims dos anys, mentre que cap d'ells havia realitzat el de 8MT.



### 3.1.4 Anàlisi estadístic

Per l'anàlisi estadístic es va utilitzar la versió Microsoft Excel 2010 (Windows 10). L'anàlisi descriptiu – mitjana i desviació estàndard – es va realitzar per a cadascuna de les variables enregistrades i la diferència en valors absoluts i en percentatge per les variables de velocitat mitjana (km/h), cadència mitjana (ppm), producció de  $P_m$  (W),  $P_{max}$  (W), el FTP,  $P_{rel}$  (W/kg) i la RPE (1-10) per a cadascun dels subjectes.

El coeficient de correlació es va emprar per veure la correlació entre les variables de velocitat i  $P_{rel}$ ,  $P_m$  i  $P_{màx}$  i entre el FTP obtingut en ambdós tests. També es va determinar la diferència respecte els valors absoluts d'aquest últim.

## 3.2 Resultats

### 3.2.1 20MT

Els subjectes van realitzar el test de 20MT (Allen i Coggan, 2010) seguint el protocol mencionat anteriorment. Tres d'ells ho van realitzar el 18 de març a les 9.30h amb una temperatura mitja de  $4.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  i els altres tres a les 14.30h amb una temperatura mitja de  $7.6 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . La següent taula mostra els valors enregistrats:

Subjecte	D (km)	A (m)	Vm (km/h)	Cm (ppm)	P <sub>m</sub> (W)	P <sub>màx</sub> (W)	FTP (W)	P <sub>rel</sub> (W/kg)	RPE (1-10)
1	5.58	345	16.7	68	334	356	317	4.12	10
2	5.90	354	17.7	87	303	452	288	4.15	8
3	7.72	544	21.5	90	280	430	266	4.91	7
4	6.24	395	19.1	77	314	514	298	4.30	10
5	6.95	480	20.2	85	390	630	371	4.68	7
6	7.90	569	23.7	90	315	450	299	5.00	7
<b>Mitjana</b>	6.7	447.8	19.8	82.8	322.7	472.0	306.5	4.5	8.2
<b>DE</b>	1.0	97.1	2.6	8.7	37.4	92.6	35.6	0.4	1.5

D: Distància recorreguda, A: Alçada guanyada, Vm: Velocitat mitjana, Cm: Cadència mitjana, P<sub>m</sub>: Potència mitjana, P<sub>màx</sub>: Potència màxima, FTP: *Functional Threshold Power*, P<sub>rel</sub>: *Rating of Perceived Exertion (1-10)* (Borg, 1988). Taula 7: Valors registrats del test de 20MT (Allen i Coggan, 2010), (Elaboració pròpia, 2018).

### 3.2.2 8MT

Seguint el mateix procediment que en l'anterior, els subjectes van realitzar el test de 8MT (Gavin et al., 2012). Tres d'ells ho van realitzar el 17 d'abril a les 9.30h amb una temperatura mitja de  $10 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ , i els altres tres a les 14.30h amb una temperatura mitja de  $14 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . La següent taula mostra els valors enregistrats:

Subjecte	D (km)	A (m)	Vm (km/h)	Cm (ppm)	P <sub>m</sub> (W)	P <sub>màx</sub> (W)	FTP (W)	P <sub>rel</sub> (W/kg)	RPE (1-10)
1	2.24	147	16.7	69	361	468	325	4.46	8
2	2.45	156	18.3	86	338	515	304	4.63	10
3	2.86	220	21.5	89	313	674	282	5.49	8
4	2.54	170	19.0	72	340	512	306	4.66	9
5	2.69	190	20.1	86	428	697	385	5.16	9
6	3.00	240	22.5	89	345	530	311	5.48	9
<b>Mitjana</b>	2.6	187.2	19.7	81.8	354.2	566.0	318.8	5.0	8.8
<b>DE</b>	0.3	36.8	2.1	8.9	39.3	95.1	35.4	0.5	0.8

D: Distància recorreguda, A: Alçada guanyada, Vm: Velocitat mitjana, Cm: Cadència mitjana, P<sub>m</sub>: Potència mitjana, P<sub>màx</sub>: Potència màxima, FTP: *Functional Threshold Power*, P<sub>rel</sub>: *Rating of Perceived Exertion (1-10)* (Borg, 1988). Taula 8: Valors registrats del test de 8MT (Gavin et al., 2012), (Elaboració pròpia, 2018).

### 3.2.3 Comparació entre el test de 20MT i 8MT

Subjecte	Vm		Cm		P <sub>m</sub>		P <sub>màx</sub>		FTP		P <sub>rel</sub>		RPE	
	(km/h)	(%)	(ppm)	(%)	(W)	(%)	(W)	(%)	(W)	(%)	(W/kg)	(%)	(1-10)	(%)
	Dif. (km/h)	(%)	Dif. (ppm)	(%)	Dif. (W)	(%)	Dif. (W)	(%)	Dif. (W)	(%)	Dif. (W/kg)	(%)	Dif. (1-10)	(%)
<b>1</b>	0	0	1	1	27	8	112	31	8	2	0.3	8	-2	-20
<b>2</b>	0.6	3	-1	-1	35	12	63	14	16	6	0.5	12	2	25
<b>3</b>	0.1	0	-1	-1	33	12	244	57	16	6	0.6	12	1	14
<b>4</b>	-0.1	0	-5	-6	26	8	-2	0	8	3	0.4	8	-1	-10
<b>5</b>	-0.1	0	1	1	38	10	67	11	15	4	0.5	10	2	29
<b>6</b>	-1.2	-5	-1	-1	30	10	80	18	11	4	0.5	10	2	29
<b>Mitjana</b>	-0.1	0%	-1.0	-1%	31.5	10%	94.0	22%	12.2	4%	0.5	10%	0.7	11%
<b>DE</b>	0.6	3%	2.2	3%	4.7	2%	82.4	20%	4.0	1%	0.1	2%	1.8	21%

D: Distància recorreguda, A: Alçada guanyada, Vm: Velocitat mitjana, Cm: Cadència mitjana, P<sub>m</sub>: Potència mitjana, P<sub>màx</sub>: Potència màxima, FTP: *Functional Threshold Power*, P<sub>rel</sub>, RPE: *Rating of Perceived Exertion (1-10)* (Borg, 1988). Dif: Diferència en valor absolut, (%): Diferència en percentatge.

Taula 9: Comparació de les variables entre el test de 20MT i 8MT (Elaboració pròpia, 2018).

### 3.3 Discussió dels resultats

La distància mitjana recorreguda en el test 20MT va ser de  $6.7 \pm 1.0$  km amb una alçada guanyada de  $447.8 \pm 97.1$  m i pel test de 8MT va ser de  $2.6 \pm 0.3$  km amb una alçada de  $187.2 \pm 36.8$  m. No es va tenir en compte la diferència entre ambdós variables ja que no es considerava rellevant per l'estudi.

Es pot observar com **la velocitat** no és un indicador gaire acurat d'intensitat tal i com deien Jeukendrup i Diemen (1998), ja que el més ràpid no és el que produeix més potència (W). Per exemple, el subjecte 6 va obtenir el valor més alt de velocitat en el test de 20MT amb una mitjana de 23.7km/h i una  $P_m$  de 315W, mentre la mitjana de les mostres va ser de  $322.7 \pm 37.4$  W.

Sí es pot observar un alta correlació ( $r = 0.92$ ) entre la velocitat i la  $P_{rel}$  (W/kg) per ambdós tests.

També s'observa que la velocitat pràcticament no varia d'un test a l'altre obtenint una diferència de  $-0.1 \pm 0.6$  km/h ( $0 \pm 3\%$ ). Cal tenir en compte per això, que tot i que el port tingui un gradient mig del 5.6%, els dos primers quilòmetres són els més durs, amb un 7.4% i 6.3% respectivament i rampes fins el 10%. Així doncs, sembla més coherent aquesta similitud entre els valors.

La **cadència mitjana** en el test de 20MT va ser de  $81.8 \pm 8.7$  ppm i en el test de 8MT de  $81.8 \pm 8.9$  ppm (dif.  $-1.0 \pm 2.2$  ppm;  $-1 \pm 3\%$ ), sent el valor més baix 68ppm i el més alt 90ppm. Faria et al. (2005) diuen que no hi ha prou evidència per determinar quin seria el millor ritme, però si s'ha vist que aquest té a veure amb el tipus de reclutament de fibres musculars. Una cadència elevada ( $>90$ ppm) implica una menor força exercida per cada pedalada, reduint així la fatiga en les fibres musculars de tipus II (fibres ràpides) i implicant més les de tipus I (fibres lentes), mentre una cadència baixa ( $<60$  ppm) implica major força i conseqüentment més fatiga neuromuscular al utilitzar fibres tipus II. Cal tenir en compte però, que en el primer cas les demandes de  $VO_{2màx}$  seran majors degut a l'increment repetitiu de les extremitats inferiors en el moviment del pedaleig (Lucia et al., 2005).

La majoria dels ciclistes professionals seleccionen una cadència entre les 80ppm i 126ppm; en etapes de llarga durada i plana a una mitjana de  $>40$ km/h s'han enregistrat valors mitjans de 126ppm, mentre en etapes de muntanya amb ascensions  $<10\%$  s'han enregistrat valors de 80ppm (Lucia et al., 2005). En aquest estudi no es va

establir una cadència de pedaleig determinada, sinó que cada subjecte va emprar la cadència que li era més còmode.

De totes les variables s'observa que la  $P_{m\grave{a}x}$  (**W**) és la que presenta una diferència més elevada  $94.0 \pm 82.4$  W ( $22 \pm 20\%$ ). Cal tenir present que la finalitzat d'aquest estudi no era assolir un pic màxim de potència, sinó generar la màxima potència mitjana en el temps que determinava el test. Atkinson et al. (2007) indica que, quan les condicions són relativament estables, per contrarellotges de més de 10 minuts ( $TT > 10MT$ ) la distribució de l'esforç és òptima, però quan la durada és molt curta ( $TT < 2MT$ ) l'inici hauria de ser màxim ja que el 'temps salvat' durant aquests primers instants es veurà compensat pel 'temps perdut' en els metres finals degut a la fatiga.

Anton (2007), Faria et al. (2015), Tan i Aziz (2005) indiquen que la  $P_{m\grave{a}x}$  obtinguda durant un test de laboratori juntament amb les dades antropomètriques són bons predictors per determinar el rendiment en curses planes de curta durada ( $TT < 20'$ ), però en proves en pujada la potència generada en relació a la massa corporal (W/kg) és un predictor de rendiment més important.

Analitzant la correlació entre la  $P_{m\grave{a}x}$  (W) i la  $P_m$  (W/kg) es veu que és de  $r = 0.42$  i  $r = 0.12$  pel test de 20MT i 8MT respectivament, el que confirma que en aquest cas hi ha poca relació i que per aquest test obtenir un pic de potència elevat no és rellevant.

Així doncs, la  $P_m$  (**W**) sí interessava que fos el més elevada possible. Entre el test de 20MT i el de 8MT va haver una diferència de  $31.5 \pm 4.7$  W ( $10 \pm 2\%$ ). A partir d'aquí es van aplicar les fórmules mencionades anteriorment per determinar el **Llindar de Potència Funcional (FTP)** i la diferència entre ambdós tests va ser de  $12.2 \pm 4.0$  W ( $4 \pm 1\%$ ), obtenint una mitjana de  $306.5 \pm 35.6$  W pel test de 20MT i  $318.8 \pm 35.4$  W pel de 8MT.

Amb aquest resultat no es pot determinar quin dels dos test té una major validesa ja que intervenen múltiples factors que podrien modificar-ne el resultat. En primer lloc, cal partir de la base que ambdós tests són una estimació respecte el test original que té una durada d'1h (Allen i Coggan, 2010). Tanmateix, aquest és un test de camp que pretén estimar el Llindar de Lactat ( $L_L$ ) corresponent a l'acumulació de lactat sanguini 4 mmol/L, on encara no hi ha prou evidència científica que verifiqui una correlació directa entre el  $L_L$  i el FTP.

En aquest cas es podria haver tractat de realitzar el test original, però en aquesta zona no trobem cap port que tingui un gradient mitjà entre el 5-6% de forma constant i que permeti realitzar el test en la seva totalitat, i inclús en ciclistes professionals es redueix

el temps del test degut a les seves demandes físiques, falta de motivació i/o, tot i la seva experiència, és molt difícil ser capaç de regular-se durant tota una hora (Allen i Coggan, 2010).

Per altra banda, aquesta diferència pot estar atribuïda a una millor adaptació fisiològica per part dels subjectes a l'anterior cicle de càrrega. Inicialment estava programat realitzar ambdós tests la mateixa setmana, deixant un període de 72h entre sí, coincidint amb la primera setmana de càrrega després d'un mesocicle compost per 3 setmanes de càrrega i una de recuperació (García Manso, JM., 1996). Però degut a les condicions meteorològiques va ser impossible realitzar-los en la mateixa setmana, pel que es va optar a plaçar-lo fins el següent cicle, respectant la mateixa setmana d'intensitat de càrrega. No va ser la finalitat d'aquest treball, ni tampoc es disposaven dels recursos necessaris per valorar si havia hagut algun canvi fisiològic, però és un factor a tenir en compte.

No obstant, un paràmetre que sí ens hagués donat una informació en aquest aspecte seria la **freqüència cardíaca (FC) (bpm)**, però els valors no es van enregistrar correctament i es va optar per ometre aquesta variable.

Pel que fa la percepció subjectiva de l'esforç amb el **Rating of perceived exertion (RPE)** o l'Escala de Borg (1-10) (Borg, 1988) va donar un valor mitjà de  $8.2 \pm 1.5$  pel test de 20MT i  $8.8 \pm 0.8$  pel de 8MT. El que ens indica que el test de 8MT ho van percebre un  $0.7 \pm 1.8$  ( $11 \pm 21\%$ ) superior.

Altres factors que alteren el resultat són els ambientals. Pel que fa a **la temperatura**, el dia del test de 20MT va haver una diferència de  $3.1 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  entre els subjectes que el van realitzar al matí i al migdia. Tanmateix, pel test de 8MT la diferència va ser de  $4.0 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . A més a més, la temperatura mínima enregistrada va ser de  $4.5^{\circ}\text{C}$  mentre que la màxima de  $14^{\circ}\text{C}$ . Mujika (2016) diu que estar exposat a ambients freds té efectes profunds en la resposta fisiològica durant la pràctica de l'exercici, per això caldrà realitzar un bon escalfament abans i dur una vestimenta adequada. Les variacions de temperatura no només poden afectar la resposta fisiològica sinó també els instruments de mesura. Gardner et al. (2012) indica que pels potenciòmetres SRM i PT l'exactitud de cadascun i entre els dos sistemes pot variar i ambdós són susceptibles a canvis en la temperatura (5.2% per SRM i 8.4% en PT) però no en quant a variacions en la cadència i el temps. Per això es recomana calibrar i tornar a posar a zero abans de començar qualsevol test o entrenament.

Al dividir la  $P_m$  entre el pes, ens dona la  $P_{rel}$  (W/kg), una dada que els ciclistes professionals miren constantment. Es diu que el requisit mínim perquè un ciclista pugui competir en categoria professional hauria de tenir una ràtio  $>5.5$  W/kg (Faria et al., 2015). En aquest cas la mitjana va ser de  $4.5 \pm 0.4$  W/kg i s'hauria de tenir present també el que indica Nimmerichter et al. (2011) i es que els valors obtinguts en el test de 20MT en pujada sempre dona valors més alts que en pla abans i després d'un entrenament específic ( $6.4 \pm 5.6\%$  i  $4.4 \pm 6.0\%$ , respectivament).

### **3.3.1 Limitacions**

Les limitacions en aquest estudi podrien quedar resumides en els següents punts:

- Mostra reduïda.
- Nivell mostra amateur.
- Falta d'evidència respecte la fiabilitat dels tests realitzats.
- Diferència sistèmica entre els instruments de registre.
- Limitació en quant als recursos metodològics disponibles per la investigació.
- Variacions significatives en les condicions de camp en el moment de realitzar els tests.

### **3.3.2 Conclusions de la recerca**

S'observa una diferència de  $12.2 \pm 4.0$  W ( $4 \pm 1\%$ ) pel que respecta al Llindar de Potència Funcional (FTP) entre el test de 20MT i 8MT, trobant una correlació de  $r = 0.987$  i una diferència respecte els valors absoluts de  $4.0\%$  i  $3.8\%$  respectivament.

Per tant, considero que el test de 8MT pot ser una alternativa al de 20MT.

## 4 Conclusions sobre el procés d'aprenentatge

En aquest últim apartat recolliré les conclusions de caire més subjectives i personals, sobre el procés d'aprenentatge i les motivacions que em van dur a realitzar aquesta recerca, tot relacionant-ho amb els objectius plantejats inicialment. Les conclusions pròpies de la part experimental ja han quedat exposades en l'anterior apartat.

Els objectius plantejats a l'inici els vaig agrupar en tres blocs: els genèrics, els d'intervenció-aprenentatge i els personals.

Pel que fa al primer van ser: (1) 'Reproduir el test de 20MT i 8MT en pujada per estimar el FTP en triatletes amateurs' i (2) 'Observar la correlació entre ambdós tests de camp per veure si les dades obtingudes del FTP eren equivalents'.

Aquests es van plantejar en base a un problema real, que fins i tot va sorgir novament en la part pràctica de la recerca. Com ja he mencionat, l'esport que practico és el triatló, i per controlar la càrrega de la intensitat en el segment del ciclisme utilitzem els *watts*. Per determinar les zones d'intensitat, un cop passada la pretemporada realitzem el test de 20MT (Allen i Coggan, 2010) plantejat a l'estudi, que sol ser durant el mes de gener i febrer. El problema d'aquest test de camp és que pels requisits que exigeix (longitud, desnivell acumulat, gradient mig,...) només es pot realitzar en una zona molt obaga i en aquesta època de l'any, si les temperatures han sigut molt baixes – com el cas d'aquest any- hi ha trams de carretera que poden estar congelats i és perillós.

Dins els objectius d'intervenció-aprenentatge hi havia (3) 'Conèixer els diferents tests de camp que hi ha actualment per estimar el FTP', (4) 'Identificar i descriure les variables que interfereixen a l'hora de realitzar els test de camp' i (5) 'Trobar una aplicació pràctica en base als resultats'.

Aquests objectius s'assoleixen al llarg de tota la recerca començant per la exploració bibliogràfica sobre els diferents tests i posterior selecció d'aquell que s'adaptés més als recursos dels quals disposava. Un cop escollit el de 8MT plantejat per Gavin et al. (2012) vaig determinar les variables que interferien pel seu posterior enregistrament, anàlisi i comparació.

La conclusió final d'aquesta recerca en termes pràctics és que el test de 8MT podria ser una alternativa al de 20MT. L'aplicació pràctica d'aquest resultat és que al ser un test de menys durada, trobem un ventall més ampli de carreteres en pujada i que siguin accessibles durant tot l'any, evitant així el factor climatològic.



L'últim bloc d'objectius, de caire més personal eren: (6) 'Reproduir els passos del mètode científic', (7) 'Desenvolupar la capacitat de recerca i síntesi de la informació i millorar la capacitat d'anàlisi i discussió de resultats', (8) 'Reconèixer les pròpies limitacions i encerts', (9) 'Interrelacionar els coneixements obtinguts a la Universitat amb la recerca realitzada' i (10) 'Valorar-ne l'efectivitat per futures intervencions professionals'.

En l'anterior semestre, en l'assignatura del Seminari d'Investigació, se'ns va presentar els 7 passos del mètode científic plantejats per Thomas i Nelson (2007). La seva guia em va ajudar per anar-los reproduint, començant per la identificació i delimitació del problema i acabant per la discussió del significat i les implicacions dels resultats.

Durant tot aquest procés vaig desenvolupar l'objectiu 7, tot relacionant la bibliografia cercada, amb els coneixements obtinguts a la Universitat al llarg d'aquest quatre anys i al Centre de Pràctiques d'aquest últim curs.

Els conceptes que més he interrelacionat han sigut els impartits a les assignatures de Fisiologia de l'Exercici, Fisiopatologia General i de l'Aparell Locomotor i Entrenament I i II, com per exemple la resposta fisiològica davant l'exercici físic o els diferents mitjans que hi ha per valorar i programar les càrregues d'intensitat.

De forma més pràctica, durant la meua estada al Centre de Pràctiques SportWin, cada divendres acudia el doctor Piero Galilea del CAR de Sant Cugat i realitzàvem les proves d'esforç. Les proves tant es duïen a terme corrent en una cinta rodadora, com en bicicleta amb el sistema TACX; un rodet que permet simular al màxim possible les condicions reals ja que es fa amb la pròpia bicicleta i juntament amb l'aplicació es pot regular la resistència a oferir. A partir de la càrrega ( $W$ ), el consum d'oxigen estimat, la freqüència cardíaca (bpm) i les mostres de lactat, en Martí Noguera – el director del centre – establia les 5 zones d'intensitat com planteja Mujika (2016).

Gràcies aquest treball i les observacions fetes durant l'estada al centre, he pogut aprofundir més sobre el treball amb *watts*, una de les variables per determinar la càrrega externa (García Manso, 2006).

Les limitacions del treball també han quedat exposades en l'anterior apartat. Pel que fa a la mostra o els instruments i mitjans dels quals disposava, era una factor que ja hi comptava a l'inici de la recerca, però no m'esperava que les condicions climatològiques fossin tan adverses. Això va endarrerir tot el procés d'enregistrament de dades i com ja he comentat, la separació de temps entre un test i un altre. Tot i això vaig saber gestionar el temps, adaptar-me i complir amb tots els terminis d'entrega.

En base aquest estudi em sorgeixen noves línies d'investigació, com per exemple reproduir novament aquests dos tests amb una mostra major i analitzant també el consum de lactat en sang. Un altre opció seria observar la correlació entre el FTP obtingut en el test de 20MT en pujada amb el factor ambiental variable, i en un rodet com el del centre SportWin amb el factor ambiental estable. Com aplicació pràctica, si es determinés una alta correlació entre ambdós protocols, en aquest cas independentment de les condicions climatològiques o terrenals, cadascú el podria realitzar a casa seva quan volgués per exemple.

Relacionat amb el projecte que vaig dur a terme en el Centre de Pràctiques, els mateixos autors que plantegen el test de 20MT, proposen un altre test de camp nomenat *Record Power Profile* (RPP) o Perfil de potència (Allen i Coggan, 2010). Aquest test permet expressar el potencial físic del ciclista a través de la relació entre la potència i el temps. Consisteix en registrar els esforços màxims durant 5", 1', 5' i 60', donant valors de potència neuromuscular, capacitat glucolítica, màxim consum d'oxigen i lliandar de lactat respectivament (Allen i Coggan, 2010). En base als resultats, es categoritza al ciclista en '*pursuiter*', '*excellent steady-state*', '*rider*', '*sprinter*' o '*all-rounder*', i també segons el nivell de rendiment, s'estableixen vuit classes des de '*Untrained*' fins '*World Class*'.

Caldria determinar en quines condicions terrenals es voldria realitzar el test (pla o pujada), però seria interessant de cara a un futur incorporar aquest test entre els triatletes del Club Natació Vic-ETB per tenir més dades que ajudin conèixer el nivell inicial dels atletes i, en funció dels seus objectius, treballar uns aspectes o uns altres. Per exemple, no és el mateix si un triatleta vol preparar un prova Ironman que dura entre 10-17h a una prova *Sprint* o Olímpica que dura entre 60-180' respectivament.

Per anar conclouent, un dels motius pel que em va interessar aquest àmbit de recerca és perquè encara hi ha moltes finestres obertes per investigar i constantment van sortint nous instruments de mesura, conceptes i mitjans que s'han de validar novament.

Considero que he complert amb tots els objectius plantejats inicialment i estic molt satisfeta amb el resultat final ja que, seguint les fases de la recerca (Thomas i Nelson, 2007), he plantejat una solució en base a uns resultats per a un problema real.

## 5 Glossari acrònims

- $L_L$ : Llindar de Lactat
- $L_{LA_n}$ : Llindar Anaeròbic
- FTP: *Functional Threshold Power*
- $VO_{2m\grave{a}x}$ : màxim volum d'oxigen
- FC: freqüència cardíaca
- RPE: *Rating of perceived exertion*
- TT: *Time trial* (contrarellotge)
- MT: *minutes trial*
- 20MT: 20 *minutes trial* (Test de 20' de durada (Allen i Coggan, 2010)).
- 8MT: 8 *minutes trial* (Test de 8' de durada (Gavin et al., 2012)).
- PT: Power Tap (Madison, WI, USA)
- SRM: SRM *Training System* (Schoberer Rad Messtechnik, Jülich, Germany)
- W: watts (vats)
- $P_m$ : Potència mitja (W)
- $P_{m\grave{a}x}$ : Potència màxima (W)
- $P_{rel}$ : Potència relativa (W/kg)
- km: quilòmetres
- ppm: pedalades per minut
- bpm: batecs per minut
- r: coeficient de correlació

## 6 Bibliografía

Allen, H., Coggan, A. (2010). *Training and Racing with a Power Meter*. Boulder, Colorado: Velopress.

Ballarin, E., Borsetto, C. et al. (1989). Adaptation of the Conconi test to children and adolescents. *Int J Sports Med* 10(5), 334-8

Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL, US: Human Kinetics.

Calderón, F.J.; Benito, P.J.; Peinado, A.B. y Díaz, V. (2008). Significado fisiológico de la transición aeróbica-anaeróbica. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 8(32), 321-337.

Cejuela, R. (2006). La prueba de esfuerzo ¿Para qué nos sirven sus datos?. *Sport Training Magazine*. 8, 36-39.

Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P.G., Droghetti, P., Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*. 52, 869-873.

Faria, E., Parker, D., Faria, I. (2015). The Science of Cycling - Part 1. *Sports Medicine*, 35(4), 285-312.

Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(6), 469–490.

García Manso, JM., (1996). *Planificación del entrenamiento deportivo*. Madrid: Gymnos.

García Manso, JM., Navarro, F., Legido, JC., Vitoria, M. (2006). *La resistencia desde la óptica de las ciencias aplicadas al entrenamiento deportivo*. Madrid: Grada.

Gardner, AS., Stephens, S., Martin, DT., Lawton, E., Lee, H., Jenkins, D. (2004). Accuracy of SRM and Power Tap power monitoring systems for bicycling. *Medicine and science in sports and exercise*. 36(7), 1252-8.

Gavin, TP., Van Meter, JB., Brophy, PM., Dubis, GS., Potts, KN., Hickner, RC. (2012). Comparison of a field-based test to estimate functional threshold power and power output at lactate threshold. *Journal of strength and conditioning research*, 26(2), 416-21.

Gómez, V. (2016). Test de campo en ciclismo para determinar rendimiento y zonas de entrenamiento mediante el uso de potenciómetro (Trabajo de fin de grado). Universidad Miguel Hernández, Alicante, España.

Lucia, A., San Juan AF, Montilla M, et al. (2004). In professional road cyclists, low pedalling cadences are less efficient. *Med Sci Sports Exerc.* 36, 1048-5.

Hofmann, P.; Pokan, R. et al. (1997). The Conconi test. *International Journal of Sports Medicine*, 18(5), 39-79.

Jeukendrup, A., Diemen, A. Van. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of Sport Sciences.* 16, 91-99.

Jeukendrup, A.E., Hesselink, M.K.C., Kuipers, H., Keizer, H.A. (1997). The Conconi test. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 393-394.

Klika, R., Alderdice, M., Kvale, J., Kearney, J. (2007). Efficacy of cycling training based on a power field test. *Journal of strength and conditioning research*, 21(1), 265-9.

Mujika, I. (2016). *Endurance Training – Infographic Edition*. Vitoria-Gasteiz, Spain: Iñigo Mujika.

Nimmerichter, A., Williams, C., Bachl, N., & Eston, R. (2010). Evaluation of a Field Test to Assess Performance in Elite Cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 31(3), 160-166.

Nimmerichter, A., Williams, C. (2015). Comparison of power output during ergometer and track cycling in adolescent cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1049–1056.

Pallarés, JG., Morán-Navarro, R. (2012). Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Sport and Health Research.* 4(2),119-136.

Paton, C., Hopkins, W. (2001). *Tests of Cycling Performance*. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.). 31(7), 489-496.

Sanders, D., Taylor, R., Myers, T., Akubat, I. (2016). An 8-min field test to assess predictors of endurance performance and establish training zones in well-trained cyclists. BASES Conference, At Nottingham.

Tan, F.H.Y., Aziz, A.R. (2005). Reproducibility of Outdoor Flat and Uphill Cycling Time Trials and Their Performance Correlates with Peak Power Output in Moderately Trained Cyclists. *Journal of Sports Science & Medicine*, 4(3), 278–284.

Thomas, J. R. i Nelson, J.K. (2007). *Métodos de investigación en actividad física*. Barcelona: Paidotribo.