



FACULTAT
D'EDUCACIÓ, TRADUCCIÓ,
ESPORTS I PSICOLOGIA

UVIC | UVIC-UCC

ANÀLISI DELS FACTORS DETERMINANTS DEL RENDIMENT EN CURSES PER MUNTANYA: UNA REVISIÓ SISTEMÀTICA.

Oriol Requena Juan

Treball Final de Grau

Tutora: Xantal Borràs Boix

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

Facultat d'Educació, Traducció, Esports i Psicologia

Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya

Vic, 10 de maig del 2022

Abstract

Purpose: Determine the physiological, psychological, anthropometric, and training factors in *Trail Running* and how they relate to the performance of these events.

Method: An electronic literature systematic review of the PubMed data base. Eleven articles have been included.

Results: Trail Running performance are most commonly related with physiological parameters such as VO₂Max, ventilatory thresholds, running economy, vVO₂Max. The psychological factors are also very important and to be an elite trail runner is a minimum requirement. Anthropometric characteristics are also related with performance. Trail Runners has low fat mass and a bigger soleus muscle.

Conclusions: Performance in Trail Running is multifactorial and with the classic model of performance cannot be predicted. A model of performance for Trail Running as the designed in this study needs to include other factors such as psychological, training related and anthropometric.

Keywords: performance, trail running, training, physiological factors, psychological factors, anthropometric characteristics.

Resum

Objectiu: Determinar els factors fisiològics, psicològics, antropomètrics i d'entrenament de les curses per muntanya i com es relacionen amb el rendiment d'aquestes curses.

Mètode: Una revisió sistemàtica electrònica de la base de dades PubMed. Onze articles s'han inclòs en aquest estudi.

Resultats: El rendiment en curses per muntanya es relaciona habitualment amb paràmetres fisiològics com el VO₂Màx, l'índex ventilatori, l'economia de cursa, vVO₂Màx. Els factors psicològics són també molt importants i per ser un atleta d'elit és un requisit mínim. Les característiques antropomètriques també són importants i estan relacionades amb el rendiment. Corredors/es de muntanya tenen una menor massa greixosa i els solis ben desenvolupats.

Conclusions: El rendiment en curses per muntanya és multifactorial i amb el model clàssic de rendiment no pot ser predit. Un model de rendiment per curses per muntanya, com el que s'ha dissenyat en aquest estudi, necessita incloure altres factors com els psicològics, antropomètrics i relacionats amb l'entrenament.

Paraules clau: rendiment, curses per muntanya, entrenament, factors fisiològics, factors psicològics, característiques antropomètriques.

Índex

1	Introducció.....	5
2	Fonamentació teòrica.....	6
2.1	Curses per muntanya.....	7
2.2	Coeficient de duresa.....	8
2.3	Llindars ventilatoris.....	8
2.4	VO2Màx.....	10
2.5	Economia de cursa.....	12
2.6	Composició corporal.....	13
2.7	Factors psicològics.....	14
2.8	Evidència actual sobre factors de rendiments.....	15
3	Pregunta inicial, objectius i hipòtesi.....	17
3.1	Pregunta inicial.....	17
3.2	Objectius.....	17
3.3	Hipòtesi.....	17
4	Metodologia.....	18
4.1	Mostra.....	18
4.2	Estratègia de recerca.....	18
5	Resultats.....	20
5.1	Resum referències i objectius.....	21
5.2	Avaluació de la qualitat dels articles.....	23
5.3	Característiques de la mostra.....	23
5.4	Distància i desnivell de la prova.....	24
5.5	Variables del rendiment.....	24
5.6	Conclusions.....	26
6	Discussió.....	30
6.1	Resum de referències i objectius.....	30
6.2	Avaluació de la qualitat dels articles (Escala PEDro).....	32
6.3	Característiques de la mostra.....	32
6.4	Distància i desnivell de la prova.....	34
6.5	Variables del rendiment que s'analitzen.....	36
6.6	Conclusions.....	38
7	Aplicació pràctica.....	39
8	Conclusions.....	40
9	Limitacions i futures investigacions.....	41
10	Bibliografia.....	42
10	Annex.....	46
10.1	Annex 1.....	46

1 Introducció

Aquest treball final de grau, és una revisió sistemàtica sobre els factors de rendiment en curses per muntanya. La motivació per aquest tema és, sobretot, personal però també laboral. En el meu cas, sóc un apassionat de l'entrenament i els esports de resistència (sobretot atletisme, *trail running* i ciclisme) i practico aquests esports a diari i hi dedico moltes hores.

Sóc una persona perfeccionista i per tant, tot allò que faig i m'agrada, intento fer-ho el millor possible i aquí és on em va sorgir la idea de fer aquest TFG, per tal de tenir una direcció encara més clara a l'hora de dissenyar i planificar els meus propis entrenaments.

Com he dit abans la meva motivació també és laboral ja que actualment sóc coordinador d'una de les Escoles de Trail més grans de Catalunya, l'Escola de Trail del Moianès on han sortit varis Campions d'Espanya de curses per muntanya (verticals i en línia) i un sub-campió del món. Per tant, la necessitat de trobar respostes sobre aquesta problemàtica també em servirà a nivell laboral, per oferir millors entrenaments i enfocar-los a allò realment important.

D'altra banda, en la literatura científica, hi ha diversos estudis com el de Alvero-Cruz et al. (2020) o el de Garbisu-Hualde i Santos-Concejero (2020), per mencionar alguns, que han buscat solució a aquest problema però sempre hi ha divergències (també similituds i conclusions comunes) entre estudis i no sembla trobar-se un model concret pel que fa als factors de rendiment.

2 Fonamentació teòrica

En els últims anys s'ha vist un increment notable dels participants de *running* o *trail running* així també com en el nombre d'esdeveniments esportius d'aquestes modalitats, podem parlar de que hi ha hagut un *boom del trail running* (Urbaneja et al. 2016). Per posar números a aquest creixement, en un estudi de Ropits Social Running (2014, citat a Urbaneja et al. 2016) van mostrar com a Catalunya els participants han augmentat de 38 curses al 2008 fins a 663 el 2014, el que suposa una promig de 12,7 curses per setmana amb una participació mitjana de 200 participants per cursa.

Urbaneja et al. (2016) enumeren uns factors que diuen ser els responsables d'aquest *boom*:

- La oferta: el increment de competicions oficials i no oficials.
- La demanda: l'augment de practicants (corredors/es).
- El mercantilisme: l'expansió i consolidació de marques comercials en un nínxol comercial fins ara desconegut.
- La difusió mediàtica: cada cop hi ha més canals de televisió i ràdio que fan programes específics relacionats amb aquest esport.
- Dinamització del territori: és una activitat de turisme cada cop més consolidada i acceptada socialment.
- L'efecte Kilian: la funció social en relació a l'influència mediàtica del corredor català Kilian Jornet: la funció d'afiliació, reconeixement i autorrelació social de l'activitat.

Segons Urbaneja et al. (2016), a nivell internacional hi ha dues entitats principals que coordinen i organitzen curses de *trail running*:

- La *International Trail Running Association* (ITRA) coordinada amb la *International Association of Athletics Federations* (IAAF).
- La *International Skyrunning Federation* (ISF) coordinada amb la Unió Internacional de Asociaciones de Alpinismo (UIAA).

Pel que fa a nivell nacional a Espanya tenim:

- La *Real Federación Española de Atletismo* (RFEA) afiliada a la IAAF.
- La *Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada* (FEDME) que no està afiliada a cap entitat internacional.

A nivel autonòmic, a Catalunya tenim:

- La Federació Catalana d'Atletisme (FCA) afiliada a la RFEA.
- La Federació d'Entitats Excursionistes de Catalunya (FEEC) afiliada a la FEDME.

Per tal de contextualitzar el tema he identificat els conceptes més importants i són els que es tractaran de contextualitzar i definir en la fonamentació teòrica d'aquest treball.

Els conceptes són els següents:

- Curses per muntanya
- Coeficient de duresa
- Llimdars ventilatòris
- VO2Màx
- Economia de cursa
- Composició corporal
- Factors psicològics
- Evidència actual sobre factors de rendiment

2.1 Curses per muntanya

La RFEA defineix les curses de muntanya a partir del reglament de la IAAF (articles 250 i 251) com unes curses que es porten a terme en un terreny que es troba fora de la carretera que no està pavimentat, en excepció d'algun tram que pot estar pavimentat durant la ruta. (Urbaneja et al. 2016).

Per altra banda, ITRA (2021), defineix les curses per muntanya o més conegudes com curses de trail, com a curses que es realitzen a peu, en un entorn natural amb el mínim percentatge possible de trams pavimentats o asfaltats (20% màxim). Els recorreguts van des de curses curts fins a curses de més de 80km, per terrenys irregulars i amb desnivells.

Una altre organització oficial com és la FEDME, defineixen les curses per muntanya com una especialitat esportiva que es manifesta a través de curses per baixa, mitja i alta muntanya, ja siguin a l'estiu o hivern, realitzant l'itinerari a peu i en el menor temps possible sempre respectant al màxim el medi natural (Urbaneja et al. 2016).

Les curses per muntanya inclou obstacles naturals i s'han de superar pujades on els esportistes hauran de lluitar contra la gravetat per fer avançar la seva massa corporal el més ràpid i eficient possible (Björklund et al. 2019).

Per últim, un altre òrgan oficial com és la FEEC, diu que les curses per muntanya tenen com a objectiu efectuar un recorregut senyalitzat per camins de muntanya en el menor temps possible (Urbaneja et al. 2016).

2.2 Coeficient de duresa

Per tal de comparar la duresa de les proves que s'analitzen en cada estudi he elaborat un propi "coeficient de duresa" que consisteix en dividir els metres de desnivell positiu acumulat de la prova per la distància (km). Això ens donarà un nombre que reflexa el desnivell positiu acumulat per cada quilòmetre de prova. Aquest mètode de càlcul de la duresa de les proves no té cap tipus d'evidència científica però és utilitzat de manera recurrent en el món de l'entrenament de les curses per muntanya. Alguns organitzadors de curses donen aquesta dada del coeficient de duresa per tal d'informar als participants de la cursa que es trobaran i poder comparar-la amb altres proves de diferent distància.

Per exemple: per una prova de 50km amb un desnivell positiu acumulat de 2500m. Coeficient duresa = $2500 / 50 = 50$.

2.3 Llindars ventilatoris

El rendiment en curses de resistència normalment és predit pel VO₂max, els llindars ventilatoris i l'economia de cursa. Aquests tres factors estan considerats com el model clàssic. (Alvero-Cruz et al. 2019).

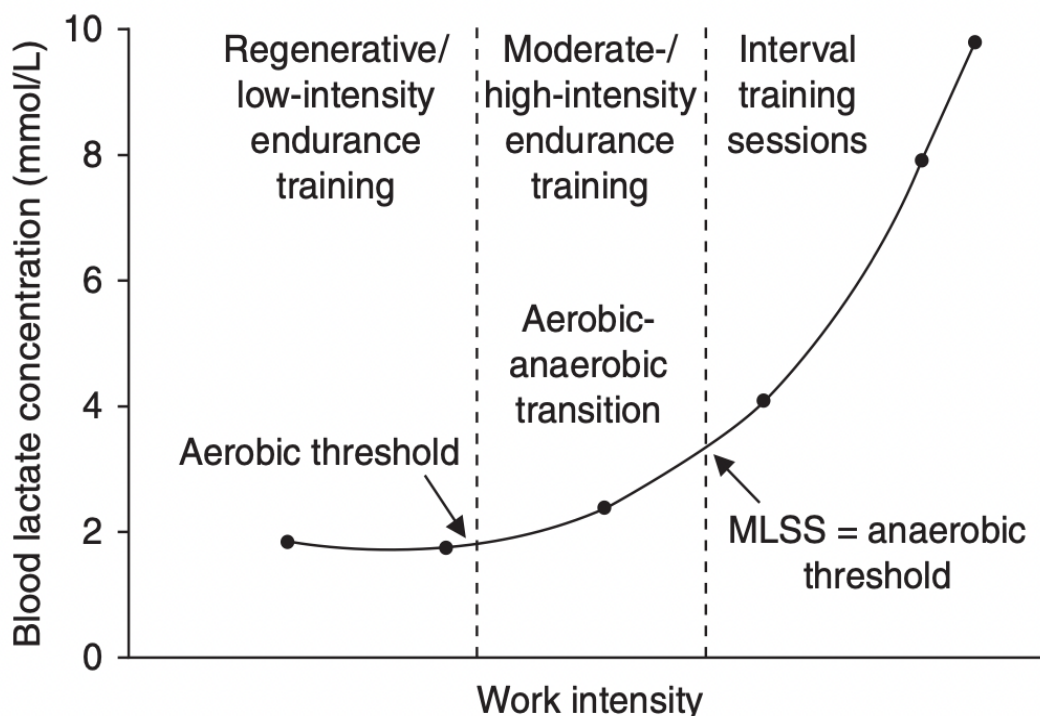
Quan parlem del model clàssic apareixen els llindars ventilatoris, aquests en són dos: el llindar ventilatori 1 (VT1) i el llindar ventilatori 2 (VT2).

Primer de tot, cal saber què és un llindar ventilatori. Segons Svedahl i MacIntosh (2003), el llindar ventilatori es defineix com l'intensitat d'exercici a la qual l'augment de la ventilació és desproporcionada a l'increment de potència o velocitat de moviment durant un test incremental.

El VT2, també conegut com a llindar anaeròbic, representa la màxima intensitat de l'exercici que es pot sostenir de manera constant sense una considerable contribució del metabolisme anaeròbic (Faude et al. 2009).

Els autors Svedahl i MacIntosh (2003), afegeixen que el llindar anaeròbic es defineix com una intensitat d'exercici, que implica una gran massa muscular, per sobre la qual la mesura de consum d'oxigen no pot satisfer les necessitats energètiques requerides. Amb altres paraules, és la intensitat que està associada a una acumulació de lactat.

Figura 1. Corva de lactat.



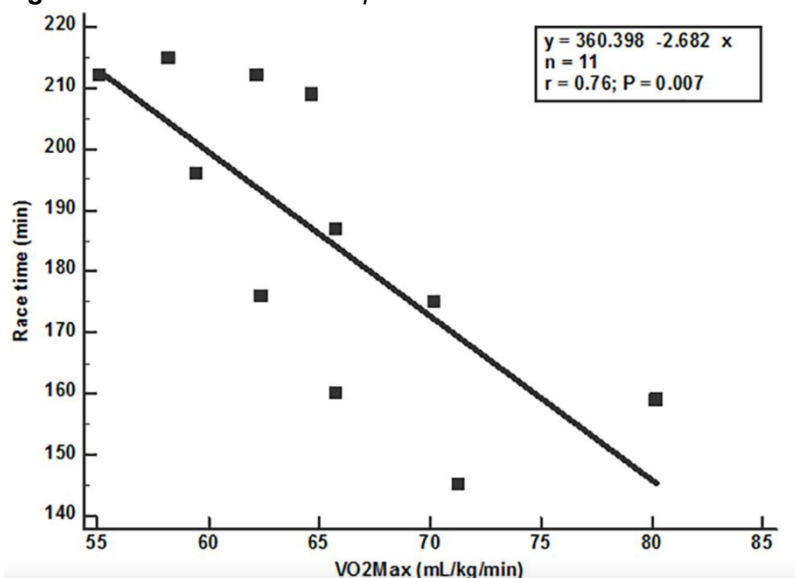
Extret de Faude et al. (2009).

El llindar aeròbic (VT1), es pot definir com aquella intensitat d'esforç en la qual el metabolisme aeròbic es fa insuficient per si sol per satisfer les demandes energètiques del teixit muscular actiu i, en conseqüència, cal recórrer al metabolisme anaeròbic pel subministrament energètic. Aquesta producció d'energia per metabolisme anaeròbic és molt reduïda, de manera que l'escassa acides que genera és immediatament tamponada o bloquejada en el propi múscul i per tant aquesta es manté en una línia estable (Pallarés i Morán-Navarro, 2012).

2.4 VO2Màx

En un estudi de Alvero-Cruz et al. 2019, van trobar que les variables que tenen una correlació més alta amb el rendiment final en cursa són el VO2max, vVO2max i la composició corporal (% de greix) de l'esportista.

Figura 2. Correlació entre temps de cursa i VO2Màx.

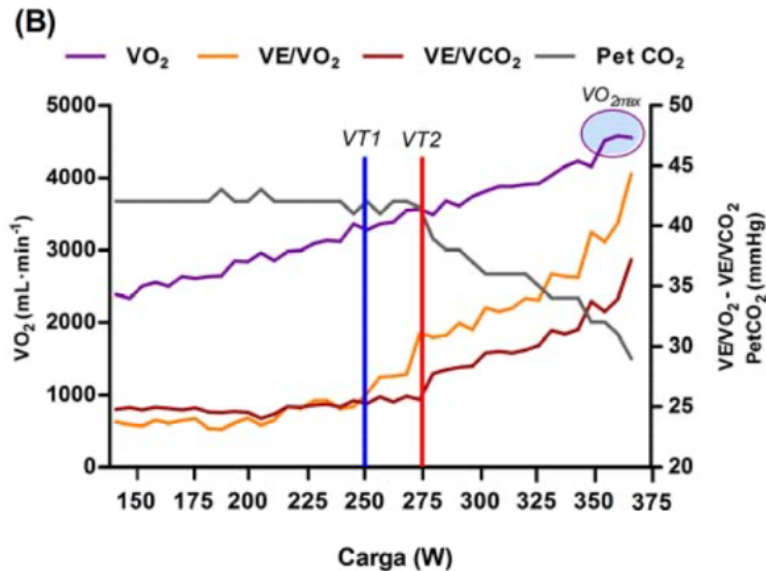


Extret de Alvero-Cruz et al. (2019).

El VO2max es defineix com la quantitat més elevada d'oxigen que l'organisme és capaç d'utilitzar per unitat de temps. Aquesta intensitat coincideix amb la càrrega o potència d'exercici en la que els mecanismes aeròbics de producció d'energia es saturen, de manera que si seguim augmentant-la, es necessitarà una major participació del metabolisme anaeròbic (Pallarés i Morán-Navarro, 2012).

La $v\text{VO}_2\text{max}$ és la velocitat en la que s'assoleix aquest VO_2max (Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2020).

Figura 3. Determinació del $\text{VO}_2\text{màx}$, VT1 i VT2 en un test incremental màxim.



Extret de Pallarés i Morán-Navarro (2012).

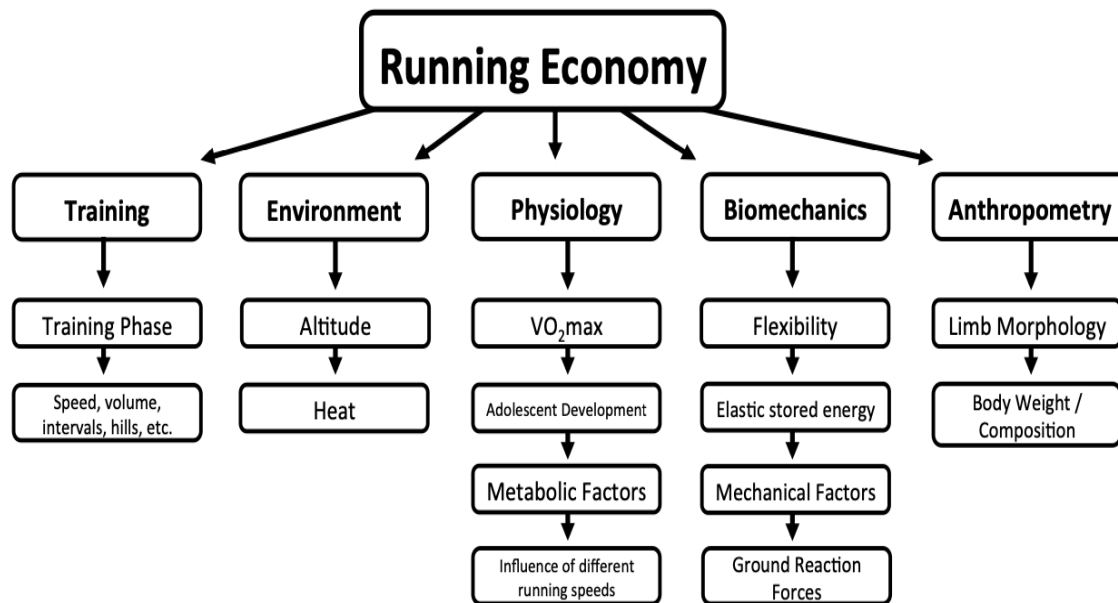
El curses per muntanya requereixen superar pujades amb fortes pendents on elevar i fer avançar la massa corporal contra la gravetat és tot un repte i no és estrany que el $\text{VO}_2\text{Màx}$ sigui un paràmetre important (Björklund et al. 2019).

Per altra banda, en les curses per muntanya també es troben baixades fortes on el $\text{VO}_2\text{Màx}$ perd importància com es va veure en l'estudi outdoor de Town-Shend et al. (2010, citat a Björklund et al. 2019). En estudis recents com el de Born et al. (2017, citat a Björklund et al. 2019) en el que es va analitzar un cursa que passava per un recorregut de muntanya més tècnic (difícil) a nivell de dificultat i amb pendents molt fortes de baixada es va veure que els corredors en cap moment arribaven a assolir el $\text{VO}_2\text{Màx}$.

2.5 Economia de cursa

L'economia de cursa està considerada l'estat estable de consum d'oxigen (ml/kg/min) per una velocitat de cursa concreta (Conley i Krahenbuhl, 1980). Els corredors amb una millor economia de cursa consumeixen menys oxigen a una mateixa velocitat que els corredors amb una econòmica de cursa pitjor (Thomas et al. ,1999, citat per Barnes i Kilding, 2015).

Figura 4. Factors que intervenen en l'economia de cursa.



Extret de Barnes i Kilding (2015).

Com es veu en la Figura 4, l'economia de cursa és multifactorial i està relacionada amb molts factors com l'entrenament, l'ambient, paràmetres fisiològics, paràmetres biomecànics i l'antropometria de l'esportista. Per tant, és un paràmetre complex i molt individual de cada subjecte però que és entrenable i millorable (Barnes i Kilding, 2015).

En resum, l'economia de cursa és un concepte complex que representa l'eficiència metabòlica, biomecànica, cardiorespiratòria i neuromuscular mentres correm.

Aquesta eficiència mentres correm tradicionalment ha estat mesurada en un laboratori però avui en dia, amb l'avançament tecnològic, la podem mesurar mentres correm amb analitzadors portàtils (Barnes i Kilding, 2015).

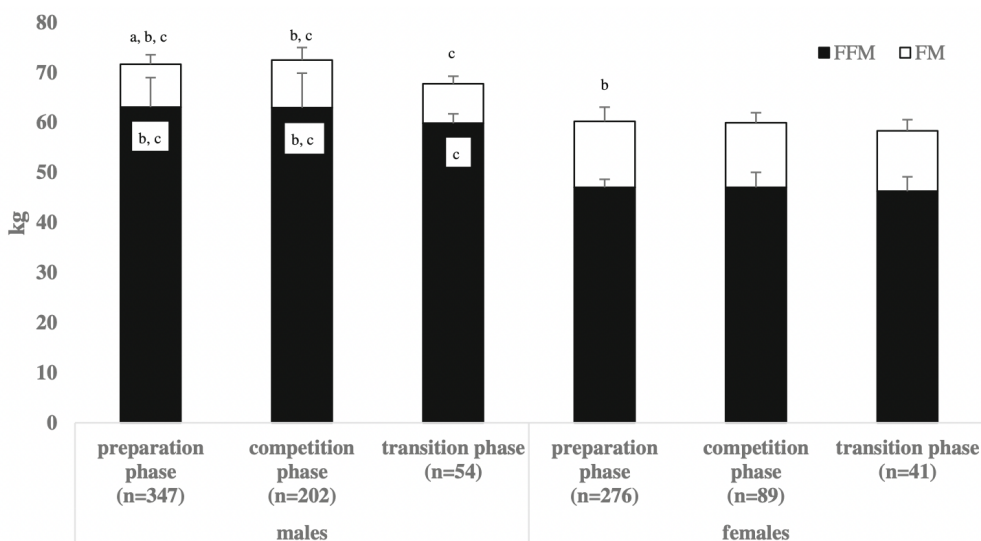
Tot i que sempre s'ha considerat l'economia de cursa com un factor de rendiment en la cursa a peu, en estudis comparant un grup homogèni de corredors no s'ha pogut considerar una variable discriminatòria del rendiment (Mooses et al. 2015).

2.6 Composició corporal

En el mateix estudi de Alvero-Cruz et al. (2019) es va veure que la composició corporal de l'esportista també tenia una alta correlació amb el rendiment final en cursa.

Els esportistes d'esports de resistència en general tenen una baixa massa corporal acompanyada d'un baix % de greix degut als diversos avantatges que això suposo per al seu esport sobretot durant el període competitiu. Això els permet aconseguir una major economia i uns millors valors relatiu de diferents paràmetres fisiològics (Heydenreich et al. 2017). Els mateixos autors, afirmen que els esportistes de resistència d'elit estan caracteritzats per un baix % de greix, per exemple els corredors Keniates es troben al voltant del 7% de greix (Fudge et al. 2006, citat a Heydenreich et al. 2017). En aquest mateix estudi de Fudge et al. (2006, citat a Heydenreich et al. 2017) es va veure que els atletes Keniates tenien un Índex de Massa Corporal de 18,3 el qual es considera molt baix pes. Tot i això, aquests atletes estan en una condició física altíssima i les investigacions han vist que aquestes característiques de composició corporal són un avantatge per les seves competicions.

Figura 5. Massa lliure de greix i massa greixosa durant els diferents períodes de la temporada en homes i dones.



^asignificantly different from competition phase ($p < 0.0001$)

^bsignificantly different from transition phase ($p < 0.05$)

^csignificantly different from females of the same seasonal training phase ($p < 0.0001$)

Extret de Heydenreich et al. (2017).

En la Figura 5 veiem com el % de massa greixosa dels esportistes és molt petit durant tota la temporada i a més a més varia al llarg d'aquesta. També observem diferències entre homes i dones.

2.7 Factors psicològics

En models més clàssics com el de Alvero-Cruz et al. (2019) es deixen de banda els factors psicològics, que tenen gran importància segons la literatura científica on s'ha vist que la fatiga psicològica redueix el rendiment (McCormick et al. 2015).

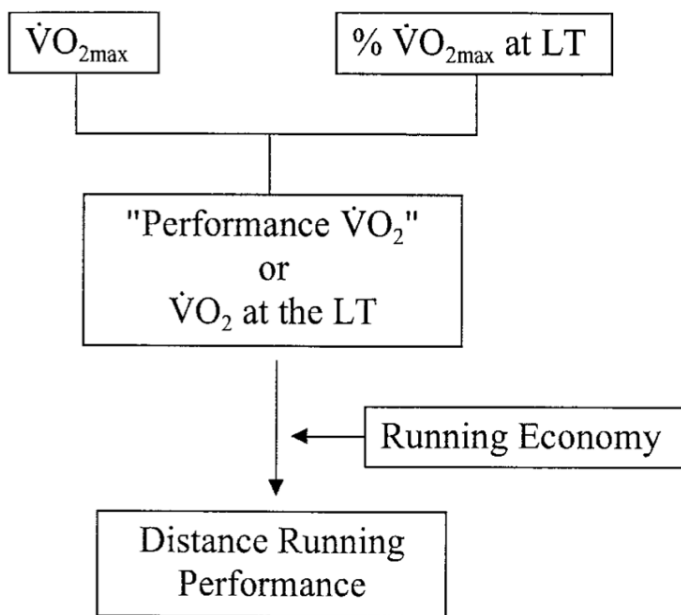
L'estrès d'una competició freqüentment produeix un estat d'ansietat que apareix hores o inclús dies abans de la competició, cal dir que la intensitat d'aquest estat d'ansietat depèn i és molt variable segons l'individu (Raglin, 2001).

Aquest estat d'ansietat serveix com a base del Model de Zones Individuals del Funcionament Òptim conegut com a *Hanin's Individual Zones of Optimal Functioning (IZOF)* que diu que molt atletes rendeixen al seu màxim només quan es troben sota un estat d'ansietat (Raglin, 2001).

2.8 Evidència actual sobre factors de rendiments

Un principi de la fisiologia de l'exercici és que tot treball requereix té un cost energètic i mantenir un velocitat de cursa durant una llarga distància requereix que es subministri ATP als ponts creuats tant ràpid com es va utilitzant aquest. A més a més, a mesura que l'esforç augmenta en durada, hi ha una major dependència de l'obtenció d'ATP per via de la fosforilació oxidativa per mantenir el cicle de pont creuat (Basset i Howley, 2000).

Figura 6. Model clàssic de factors de rendiment en cursa de resistència



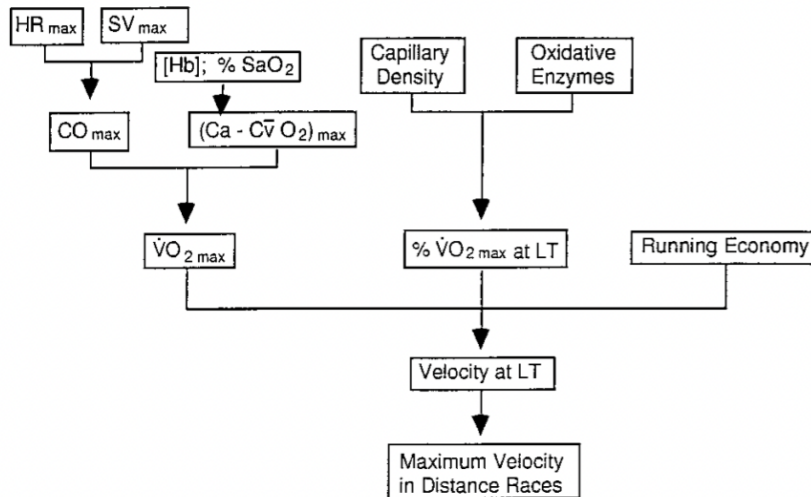
Extret de Bassett i Howley (2000).

A la Figura 6 observem el model clàssic del VO₂ de Coyle. En aquest model "clàssic" el principal determinant del rendiment és el VO₂Màx que interactua amb l'economia de cursa per determinar el rendiment en cursa de resistència.

Els autors Bassett i Howley (2000) van elaborar una model dels factors determinants del rendiment més focalitzat en els llindar de lactat (LT o *lactate threshold*) ja que diversos estudis han demostrat que indicadors del LT són molt bons predictors de rendiment en esports de resistència (cursa, ciclisme, etc).

En la Figura 7, observem aquest model “clàssic” però focalitzat en el LT per determinar el rendiment.

Figura 7. Model clàssic de factors de rendiment focalitzat en el LT.



Extret de Bassett i Howley (2000).

Actualment es té més coneixement sobre els factors que determinen el rendiment en curses a peu ja que partint del model clàssic de $VO_2Màx$, diferents autors i estudis han anat ampliant i modificant els factors determinants per arribar a entendre de millor manera a que és degut el rendiment en cursa (Bassett i Howley, 2000).

3 Pregunta inicial, objectius i hipòtesi

Com a tot treball d'investigació, em plantejo una pregunta inicial, uns objectius de recerca i una hipòtesi que es pretenen respondre / assolir al llarg del treball d'investigació.

3.1 Pregunta inicial

La meua pregunta inicial és la següent:

Quins són els factors que determinen el rendiment en les curses per muntanya en adults?

Aquesta pregunta inicial respon a les variables de:

- a) A QUI o QUÈ es centra la meua recerca? Adults que practiquen curses per muntanya.
- b) QUÈ volem identificar/analitzar (variable)? Els factors que determinen el rendiment.

3.2 Objectius

Els objectius d'aquesta recerca són els següents:

1. Determinar de la literatura científica existent, els factors que condicionen el rendiment en les curses per muntanya.
2. Elaborar una proposta de model de factors que determinen el rendiment en les curses per muntanya, basat en l'evidència trobada.

3.3 Hipòtesi

A l'hora de fer aquesta recerca em plantejo una hipòtesi:

Els principals factors que determinen el rendiment en les curses de muntanya són els factors fisiològics com els límits ventilatoris, VO₂Màx i economia de cursa, depenent de la distància de la prova.

4 Metodologia

Els aspectes metodològics que seguirà aquest treball final de grau són els propis d'una revisió sistemàtica. Per el desenvolupament de la revisió sistemàtica ho faré en base als ítems de la declaració PRISMA (Urrútia i Bonfill, 2010).

4.1 Mostra

La mostra del meu estudi serà una base de dades d'articles científics, concretament la base de dades PubMed.

4.2 Estratègia de recerca

Per tal de cercar i filtrar articles i quedar-nos amb una mostra més reduïda i específica del que busco, utilitzo operador Booleans en el cercador del PubMed. Els Booleans utilitzats són: (((((((("Trail Running"[Title] OR Distance runners[Title] OR Marathon[Title] OR Trail Race[Title] OR Ultra-marathon[Title] OR Ultra-trail[Title]) AND (y_5[Filter])) NOT (nutrition[Title/Abstract] AND (Performance[Title/Abstract] OR "training performance"[Title/Abstract] OR "physiological determinants"[Title/Abstract] OR "elite performance"[Title/Abstract]) AND ((y_5[Filter]) AND (humans[Filter]) AND (y_5[Filter])) AND (y_5[Filter]) AND (y_5[Filter]) AND (y_5[Filter])) NOT (Review OR meta-analysis OR Systematic review) AND (y_5[Filter])) NOT (recovery) AND (y_5[Filter]) AND (y_5[Filter])) NOT (Shoes) AND (y_5[Filter])) NOT (supplementation)

Un cop amb la mostra d'articles després utilitzar aquest motor de cerca he descartat tots aquells articles que no passin els criteris d'inclusió/exclusió que proposo, aquests criteris són els següents:

- Criteris d'exclusió:

Articles anteriors al 2009

Articles sobre esports col·lectius

Articles sobre curses de distàncies molt curtes (<15km)

Articles sobre lesions

Articles que no siguin d'adults (19-44 anys)

Revisions sistemàtiques, Meta-Anàlisi o Revisions on la seva mostra siguin articles.

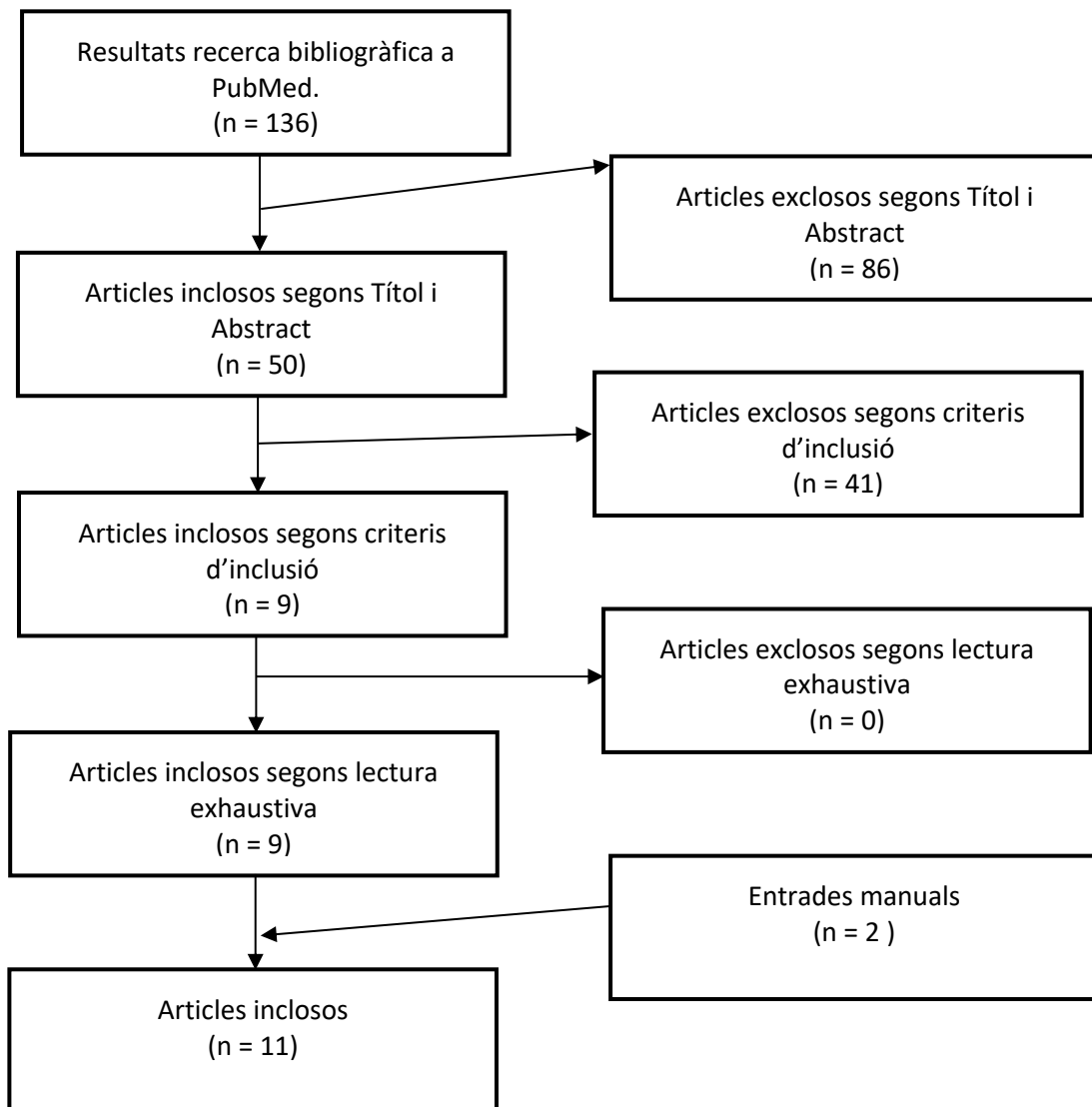
A més a més, després de passar els criteris d'inclusió/exclusió. Hi ha un cribatge manual on es descartaran articles que degut al seu títol i/o resum (abstract) no tinguin relació amb el meu problema científic.

Per avaluar la qualitat metodològica dels articles utilitzats utilitzem la escala PEDro, l'escala PEDro la passaré a tots aquells articles de tipus assaig aleatori controlat.

5 Resultats

Seguint el model PRISMA utilitzat per a revisions sistemàtiques dels autors Urrútia i Bonfill (2010), he desenvolupat el meu propi diagrama de flux d'informació:

Figura 8. Diagrama de flux d'elaboració pròpia.



Les taules resum dels resultats el divideixo en diferents apartats:

- Resum referències i objectius
- Avaluació de la qualitat dels articles (Escala PEDro)
- Característiques de la mostra
- Distància i desnivell de la prova
- Variables del rendiment que s'analitzen
- Conclusions

5.1 Resum referències i objectius

La mostra definitiva de la revisió sistemàtica la resumeixo en la següent taula per tal d'agilitzar la lectura dels resultats. En ella es mostren les referències enumerades i els objectius de cada estudi.

Nº Ref.	Referència bibliogràfica	Objectius
1	Fornasiero et al., 2018	Descriure el perfil fisiològic d'una ultra-marató de muntanya (MUM) de 65km i 4000m de desnivell positiu i identificar els predictors de rendiment.
2	Jones et al., 2021	Investigar el cost d'O ₂ i la demanda fisiològica de córrer a 21km/h.
3	Ogueta-Alday, Morante, Gómez-Molina i García-López (2018)	Identificar diferència i similituds entre corredors de mitja marató en relació al seu rendiment.
4	Ehrström et al., 2018	Examinar fins a quin punt les variables fisiològiques clàssiques del rendiment en curses de resistència (VO ₂ Màx, %VO ₂ Màx @VT, Economia de cursa) contribueixen al rendiment en curses per muntanya així com també factors de força muscular.
5	Fokkema et al., 2020	Examinar la relació entre el volum d'entrenament i la llargada dels entrenaments de resistència amb el rendiment en marató i mitja marató i també si s'associa a una major risc de lesió.
6	Nikolaidis, Chalabaev, Rosemann i Knechtle (2019)	Examinar la motivació dels corredors de marató i la seva relació amb l'edat, sexe i nivell de rendiment.

7	Brace, George i Lovell (2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Examinar com es relacionen la duresa mental i l'autoeficàcia com a constructes, així com les subescales del SMTQ de Confiança, Constància i Control. - Examinar si la duresa mental i autoeficàcia contribueixen en el rànking del Ultra Trail World Tour. - Examinar com la duresa mental i l'autoeficàcia prediuen la finalització d'una ultra-marató. - Examinar si la duresa mental i l'autoeficàcia prediuen un rendiment absolut en una ultra-marató (temps final i posició). - Examinar si la duresa mental i autoeficàcia en atletes d'elit d'ultra-marató és més alta que en atletes d'altres esports.
8	Méndez-Alonso, Prieto-Saborit, Bahamonde i Jiménez-Arberás (2021)	Analitzar les variables psicològiques dels corredors de ultra-trail i la seva associació amb el rendiment i èxits esportius.
9	Kovács, Kòbor, Gyimes, Sebestyén i Tihany (2020)	Estudiar com les característiques dels músculs flexors plantars influeixen en el rendiment en marató i determinar si hi ha alguna diferència en el rol del soli i el gastrocnemi.
10	Coates, Berard, King i Burr (2020)	Examinar els predictors del rendiment en curses per muntanya de 50km, 80km i 160km.
11	MacLaughlin, Howley, Bassett, Thompson i Fitzhugh (2009)	Comparar les variables fisiològiques clàssiques relacionades amb el rendiment en curses de resistència (VO2Màx, %VO2Màx @LT, economia de cursa) amb la velocitat màxima en un test incremental en cinta de córrer com a predictors del rendiment en un test de 16km.

Taula 1. Resum de les referències i objectius. Elaboració pròpia.

5.2 Avaluació de la qualitat dels articles

La llista de control de l'Escola PEDro conté 11 elements per tal d'avaluar el rigor científic dels articles. La puntuació en cada pregunta és de 0 o 1 i la puntuació total és la suma del total dels 11 elements.

L'escala PEDro valora els següents ítems: criteris de selecció, assignació aleatòria dels subjectes, ocultació de l'assignació, comparabilitat de base, cegaments dels subjectes, cegament dels terapeutes, cegament dels avaluadors, seguiment adequat, anàlisi d'intenció de tractament, anàlisi entre grups, mitjanes de puntuació i variabilitat (PEDro, 2022). En l'annex 1 del treball, s'adjunta l'escala original PEDro.

No s'ha pogut passar l'escala PEDro a la mostra dels articles ja que no n'hi ha cap que sigui un estudi de tipus assaig aleatori controlat. Tots els estudis de la mostra són cohort o de tipus descriptiu.

5.3 Característiques de la mostra

En la Taula 3, es mostren les característiques del subjectes dels articles, tenint en compte la quantitat, l'edat i el sexe.

Nº Ref.	Nombre	Edat	Sexe
1	23	40.2±7.3	Home = 17 Dona = 6
2	16	29±4	Home
3	48	20 – 50 anys	Home
4	9	39±8	Home
5	997	42.2	Home = 648 Dona = 349
6	166	Homes = 44.2±8.6 Dones = 40.1±9	Home = 134 Dona = 32
7	56	38.86	Home = 38 Dona = 18
8	356	42.7	Home = 309 Dona = 47
9	10	29±3.8	Home
10	51	18 – 60	No especifica
11	17	Homes = 33.7±5.6 Dones = 38.7±7.2	Home = 10 Dona = 7

Taula 3. Característiques de la mostra. Elaboració pròpia.

5.4 Distància i desnivell de la prova

En la Taula 4 es mostren les distàncies i desnivells positius acumulats en les quals es realitzen els diferents estudis.

Nº Ref.	Distància	Desnivell positiu acumulat
1	65 km	4000m
2	Marató	No especifica
3	Mitja marató	No especifica
4	27 km	1400m
5	Mitja marató i marató	No especifica
6	Marató	No especifica
7	161km	7620m
8	75.9km	7180m
9	Marató	No especifica
10	50km, 80km i 160km	No especifica
11	16km	No especifica

Taula 4. Distància de l'estudi. Elaboració pròpia.

5.5 Variables del rendiment

En la Taula 5 es mostren les variables del rendiment que s'analitzen en cada estudi.

Nº Ref.	Variables del rendiment que s'analitzen
1	<ul style="list-style-type: none"> - FCMàx. - FC @VT1. - FC @VT2. - VO2Màx. - VO2Màx @VT1. - VO2Màx @VT2. - Potència màxima (w/kg). - Potència @VT1 (w/kg). - Potència @VT2 (w/kg). - Característiques antropomètriques. - Rendiment (temps) en cursa.
2	<ul style="list-style-type: none"> - VO2peak. - Consum d'O2 a intensitat submàxima. - Llindar de lactat. - LTP (Lactate turn-point). - Característiques antropomètriques. - Paràmetres biomecànics.

3	<ul style="list-style-type: none"> - Característiques antropomètriques (massa corporal, IMC i plecs cutanis). - Característiques d'entrenament (rendiment, anys d'experiència i volum d'entrenament). - Paràmetres fisiològics (Velocitat màxima, VO2Màx, Velocitat @VT, %VO2Màx @VT, Economia de cursa i Ratio d'intercanvi respiratori).
4	<ul style="list-style-type: none"> - Rendiment (temps) en cursa. - VO2Màx. - %VO2Màx @VT. - Economia de cursa i economia de cursa al 10% de pendent. - Força dels extensors de genoll (concèntric i excèntric). - Índex de fatiga. - TTE @87.5% vVO2Màx.
5	<ul style="list-style-type: none"> - Característiques demogràfiques (sexe, edat, IMC). - Característiques d'entrenament (anys d'experiència, volum setmanal d'entrenament, freqüència setmanal d'entrenament, ritme promig, entrenament més llarg abans de la competició). - % Tipus d'entrenament (entrenament de resistència, entrenament intervàlic, exercicis). - Lesions - Rendiment en competició
6	<ul style="list-style-type: none"> - Motivació. - Edat. - Sexe. - Rendiment en marató (temps).
7	<ul style="list-style-type: none"> - Duresa mental (Sports Mental Toughness Questionnaire). - Autoeficàcia (Endurance Sports Self-Efficacy Scale). - Rendiment a HURT100 (posició i temps final de cursa).
8	<ul style="list-style-type: none"> - Duresa mental - Resiliència - Passió - Passió obsessiva - Rendiment en cursa (temps).
9	<ul style="list-style-type: none"> - Mesures morfològiques del complex del tríceps sural. - Estimació arquitectura muscular (Soli, Gastrocnemi medial i lateral). - Puntuació numèrica IAAF.

10	<ul style="list-style-type: none"> - Característiques dels subjectes (edat, IMC, FC repòs, Pressió Arterial) - Condició aeròbica i econòmica de cursa (VO2Màx, Velocitat màxima, cost d'O2, cost calòric). - Historial d'entrenament (volum d'entrenament, anys d'experiència, quantitat de maratons/ultra-maratons realitzades, volum d'entrenament de força). - Deshidratació.
11	<ul style="list-style-type: none"> - VO2Màx. - Economia de cursa. - %VO2Màx @LT - Velocitat @LT - vVO2Màx - Temps en 16km TT.

Taula 5. Variables del rendiment que s'analitzen en l'estudi. Elaboració pròpia.

5.6 Conclusions

En la Taula 6 es mostra un resum dels objectius de cada estudi, així també com les conclusions que s'extreuen un cop realitzats.

Nº Ref.	Objectius	Conclusions
1	Descriure el perfil fisiològic d'una ultra-marató de muntanya (MUM) de 65km i 4000m de desnivell positiu i identificar els predictors de rendiment.	La intensitat mitjana durant la MUM de 65km va ser del 77% de la FCMàx i la major part del a cursa va ser inferior a FC@VT1. A més, els paràmetres associats amb el VO2Màx són determinants per predir el rendiment en cursa.
2	Investigar el cost d'O2 i la demanda fisiològica de córrer a 21km/h.	El cost d'O2 per córrer a 21 km/h és de 191 ml/kg/min i per tant, un valor absolut de 4L/min d'O2. Això per a un corredor de 59kg suposa un VO2 relatiu de 67 ml/kg/min. Per què sigui fisiològicament sostenible durant 2h de cursa, aquest valor s'hauria de trobar prop del 85% del VO2Màx el que suposaria un VO2Màx de 80 ml/kg/min per un corredor de 59kg.

3	Identificar diferència i similituds entre corredors de mitja marató en relació al seu rendiment.	L'estudi demostra que corredors de diferent nivell de rendiment tenen diferents característiques antropomètriques, fisiològiques, relacionades amb l'entrenament, patró de trepitjada i diferents variables espai-temporals. Els corredors de més alt nivell adopten una trepitjada de mig peu o avant peu a més a més d'unes variables espai-temporals diferents degut a una major velocitat de cursa.
4	Examinar fins a quin punt les variables fisiològiques clàssiques del rendiment en curses de resistència ($VO_{2M\grave{a}x}$, $\%VO_{2M\grave{a}x}@VT$, Economia de cursa) contribueixen al rendiment en curses per muntanya així com també factors de força muscular.	El model clàssic de factors de rendiment en curses de resistència no permet predir de forma significativa el rendiment en curses per muntanya de curta distància. S'hauria d'incorporar factors més específics a les curses per muntanya com: resistència local, economia de cursa en diferents pendents.
5	Examinar la relació entre el volum d'entrenament i la llargada dels entrenaments de resistència amb el rendiment en marató i mitja marató i també si s'associa a una major risc de lesió.	La preparació d'una mitja marató o marató amb alts volums d'entrenament i entrenaments de resistència llargs està associat amb un millor rendiment (temps final de cursa). A més, no sembla està relacionat amb un major risc de lesió.
6	Examinar la motivació dels corredors de marató i la seva relació amb l'edat, sexe i nivell de rendiment.	Els corredors de marató homes o dones es diferencien per les seves motivacions. L'edat i el nivell de rendiment té correlació amb la motivació.
7	<ul style="list-style-type: none"> - Examinar com es relacionen la duresa mental i l'autoeficàcia com a constructes, així com les subescales del SMTQ de Confiança, Constància i Control. - Examinar si la duresa mental i autoeficàcia contribueixen en el rànking del Ultra Trail World Tour. 	Els corredors d'ultra-marató tenen nivells significativament superiors que altres esports en duresa mental. Tot i que la duresa mental i autoeficàcia estan fortament relacionats, aquestes no es relacionen directament amb el rendiment. Sembla que sigui un criteri mínim per estar a l'elit associat a les grans càrregues d'entrenament que han de gestionar i completar. Un cop satisfet aquest nivell mínim de duresa mental i autoeficàcia, altres factors (físics, logístics, psicològics) semblen tenir una major rellevància a l'hora

	<ul style="list-style-type: none"> - Examinar com la duresa mental i l'autoeficàcia prediuen la finalització d'una ultra-marató. - Examinar si la duresa mental i l'autoeficàcia prediuen un rendiment absolut en una ultra-marató (temps final i posició). - Examinar si la duresa mental i autoeficàcia en atletes d'elit d'ultra-marató és més alta que en atletes d'altres esports. 	de determinar el rendiment en una ultra-marató de nivell elit.
8	Analitzar les variables psicològiques dels corredors de ultra-trail i la seva associació amb el rendiment i èxits esportius.	Els atletes que participen en ultra-trail presenten trets psicològics molt específics que els permeten adaptar-se a les condicions extremadament dures d'aquestes curses. Malgrat que la duresa mental, resiliència, l'addicció i la passió forment part del model estàndard de corredor, l'edat, experiència i la qualitat de l'esportista accentuen encara més aquesta condició. La força mental i resiliència són factors decisius en l'èxit esportiu i el rendiment a les curses d'ultra-trail. L'èxit atlètic s'hauria de considerar tant pel que fa a la classificació com a la finalització de la cursa, ja que aquest últim és l'objectiu de bona part dels participants.
9	Estudiar com les característiques dels músculs flexors plantars influeixen en el rendiment en marató i determinar si hi ha alguna diferència en el rol del solí i el gastrocnemi.	Un múscul solí més gran amb un tendó d'Aquiles més gruixut s'associa amb un major rendiment en marató. Per tant, les característiques morfològiques de la unitat múscul-tendinosa de l'extremitat inferior es correlacionen amb el rendiment en cursa.
10	Examinar els predictors del rendiment en curses per muntanya de 50km, 80km i 160km.	El rendiment en ultra-trail està dictat per diferents variables fisiològiques en funció de la distància. El rendiment en distància de

		50km està determinat en gran mesura per variables físiques i d'estat de forma (VO2Màx, vVO2Màx, economia de cursa). A mesura que augmenta la distància hi ha menys determinants fisiològics. Només la velocitat assolida en un test incremental prediu el rendiment en 80km. En 160km cap variable fisiològica prediu el rendiment.
11	Comparar les variables fisiològiques clàssiques relacionades amb el rendiment en curses de resistència (VO2Màx, %VO2Màx @LT, economia de cursa) amb la velocitat màxima en un test incremental en cinta de córrer com a predictors del rendiment en un test de 16km.	Entre subjectes amb valors similars de VO2Màx i de nivell de rendiment, la vVO2Màx és el millor predictor del rendiment de cursa perquè integra la potència aeròbica i l'economia de cursa. El resultat del test incremental en cinta té una alta relació amb el rendiment en cursa ja que està vinculat a les mateixes variables fisiològiques que determinen la vVO2Màx.

Taula 6. *Conclusions. Elaboració pròpia.*

6 Discussió

Per tal d'estructurar la discussió d'aquest treball, seguiré el mateix ordre que he utilitzat a l'hora de mostrar el resum de resultats de la revisió sistemàtica:

- Resum referències i objectius
- Avaluació de la qualitat dels articles (Escala PEDro)
- Característiques de la mostra
- Distància i desnivell de la prova
- Variables del rendiment que s'analitzen
- Conclusions

6.1 Resum de referències i objectius

El camp que he escollit per investigar en aquesta revisió sistemàtica és molt nou. Com es pot observar a la Taula 1, quasi tots els estudis són del 2018 fins l'actualitat en excepció d'un estudi que és de l'any 2009. Dels 11 articles de la mostra, no n'hi ha cap amb data d'entre l'any 2000 i 2005, un 9% (1) és entre els anys 2006 i 2010, cap entre els anys 2011 i 2015 i un 91% (10) entre els anys 2016 i 2022. Això ens diu que les curses per muntanya és un esport relativament nou i que està en un moment de creixement on s'estan començant a fer moltes investigacions.

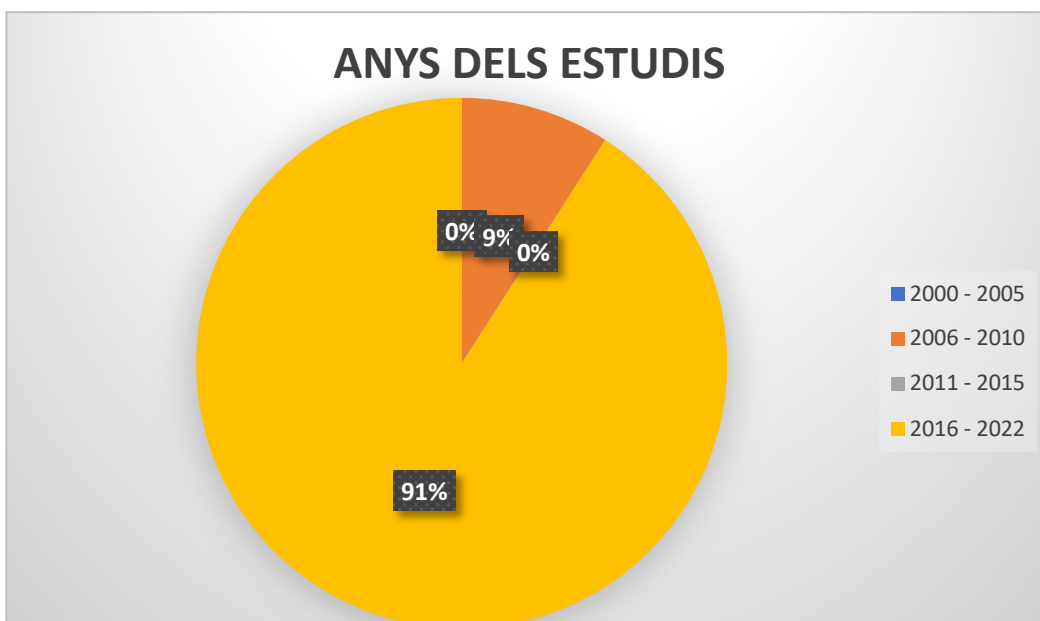


Figura 9. Gràfic dels anys de publicació dels estudis. Elaboració pròpia.

En la Figura 9, veiem de manera gràfica el percentatge d'articles de cada franja d'anys (2000 a 2005, 2006 a 2010, 2011 a 2015 i 2016 a 2022).

En la mateixa Taula 1 també s'observen els objectius de cada estudi. Els podem diferenciar amb 2 grans grups. Els que tenen objectius sobre variables fisiològiques o d'entrenament i els que tenen objectius sobre variables psicològiques. Per tant, ja podem començar a veure que els paràmetres fisiològics i psicològics tindran un gran pes en el rendiment en aquest tipus de proves. En general, tots els articles de la mostra pretenen trobar una correlació entre una variable fisiològica o psicològica i el rendiment en cursa, ja sigui avaluat en una competició real o en laboratori amb diversos tests.

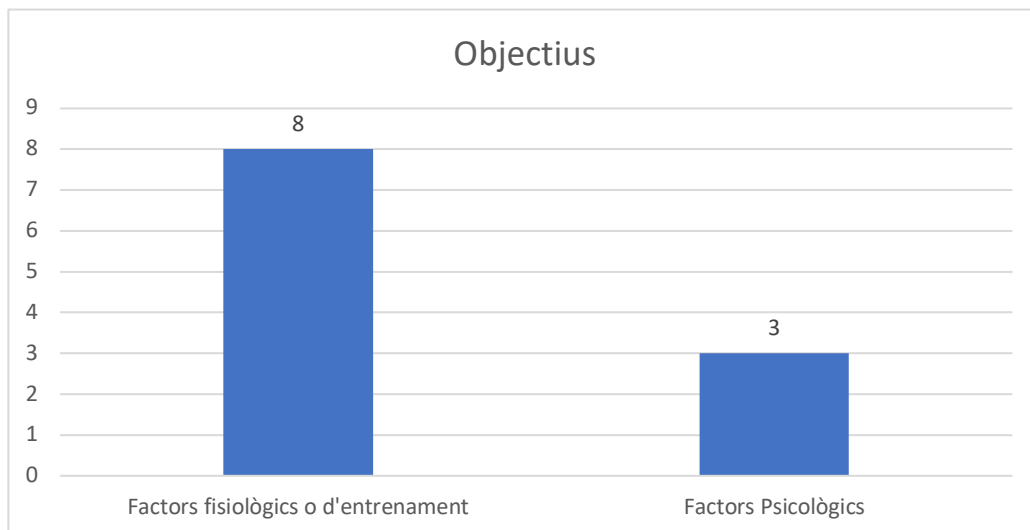


Figura 10. Gràfic dels objectius dels estudis. Elaboració pròpia.

6.2 Avaluació de la qualitat dels articles (Escala PEDro)

La mostra d'articles d'aquesta revisió sistemàtica és en la seva totalitat d'estudis de tipus descriptiu o de cohort. L'escala PEDro està pensada i dissenyada per avaluar estudis d'assaig aleatori controlat i la puntuació en estudis descriptius no és fiable.

6.3 Característiques de la mostra

A l'hora de comparar estudis una variable molt important és la mostra d'aquests. En la Taula 3 podem veure el resum de les característiques de la mostra de cada estudi.

Les mostres dels estudis van dels 9 als 997 subjectes. En 7 dels estudis (1, 4, 5, 6, 7, 8, i 11) la mitjana d'edat es situa prop dels 40 anys. En la Figura 11, podem veure un gràfic comparatiu de l'edat mitjana de la mostra de cada estudi.

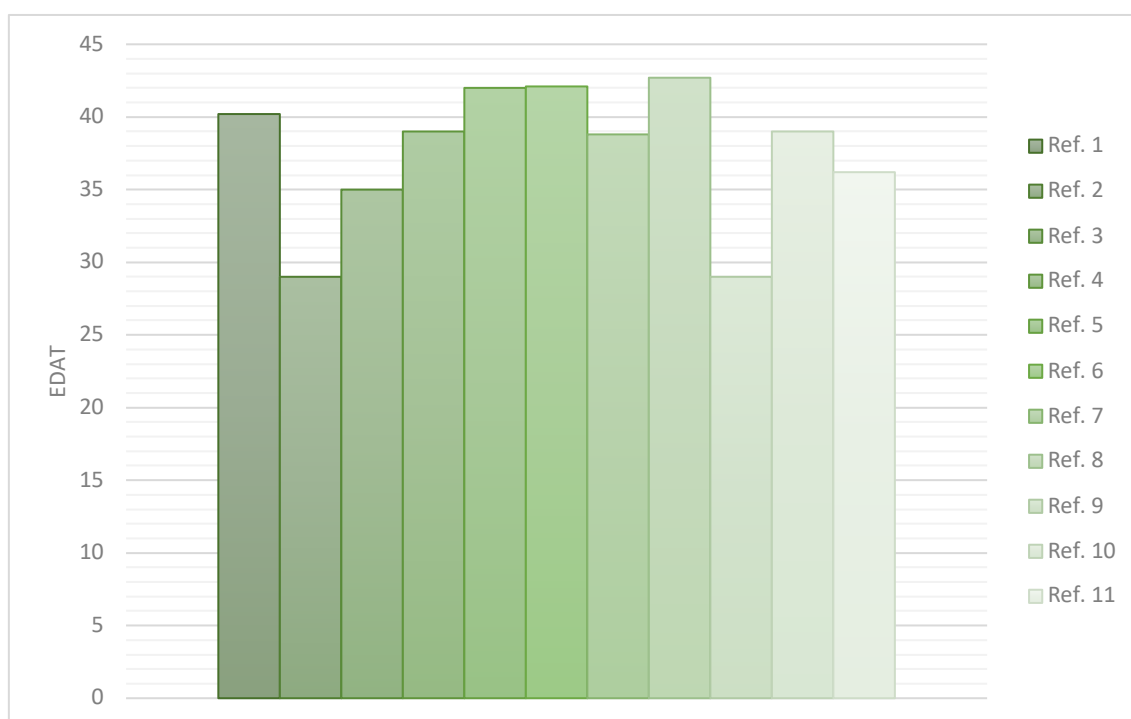


Figura 11. Gràfic d'edat mitjana dels estudis. Elaboració pròpia.

Sembla que l'edat pot tenir relació amb la distància de les proves ja que quasi totes elles són distància llargues o molt llargues. Si busquem les distàncies d'aquests 7 estudis en la Taula 4, podem observar com l'estudi 1 correspon a 65km, el 4 a 27km, el 5 a 21km i 42km, el 6 a 42km, el 7 a 161km, el 8 a 75.9km i l'11 a 16km. Tot i que l'estudi 11 no compleix la relació entre edat i distàncies

llargues, en la resta d'estudis sí que es compleix. Això ens diu que els participants en aquests tipus de proves no solen ser joves (menys de 18 anys) i predomina la franja d'edats d'entre 35-45 anys.

En tots els estudis la mostra d'homes sempre és superior a la de dones, en alguns inclús no hi ha dones i està realitzat totalment amb subjectes de sexe masculí. La Taula 3 fa una representació de com és la participació d'aquest esport pel que fa al gènere on hi ha una total predominància (a nivell de participació) del sexe masculí. L'estudi on es troba una menor diferència de quantitat de mostra entre homes i dones és l'estudi 11, amb una diferència del 30%. Per altra banda, l'estudi on es troba una major diferència és l'estudi 8 amb una diferència del 85%.

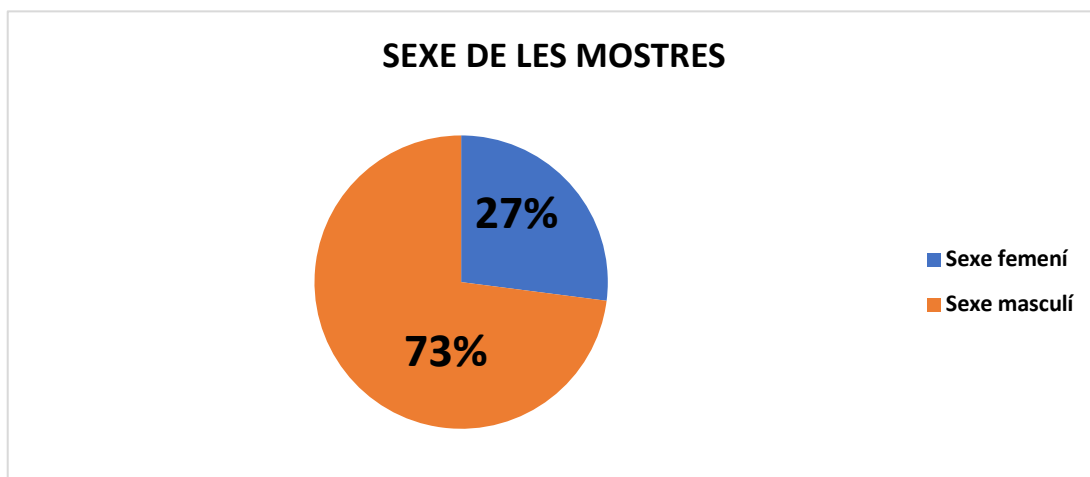


Figura 12. Gràfic del sexe de la mostra dels estudis. Elaboració pròpia.

Com podem veure en la Figura 12, de totes les mostres dels estudis d'aquesta revisió sistemàtica, un 27% són dones i un 73% són homes (a falta de contabilitzar l'estudi 10 que no especifica el sexe de la mostra). Estem parlant de 1239 homes i 459 dones, una diferència molt important.

Si observem un estudi que va publicar la División de Estadística y Estudios (2021), la Federación Española de Montaña y Escalada (que és on s'inclou la modalitat de Curses per Muntanya), mostren un valor absolut de 248983 federats l'any 2020 dels quals 163813 són homes i 85170 són dones.

Per tant, un 65% dels federats són homes i el 35% restant són dones. Estem davant d'un esport on la participació femenina és baixa.

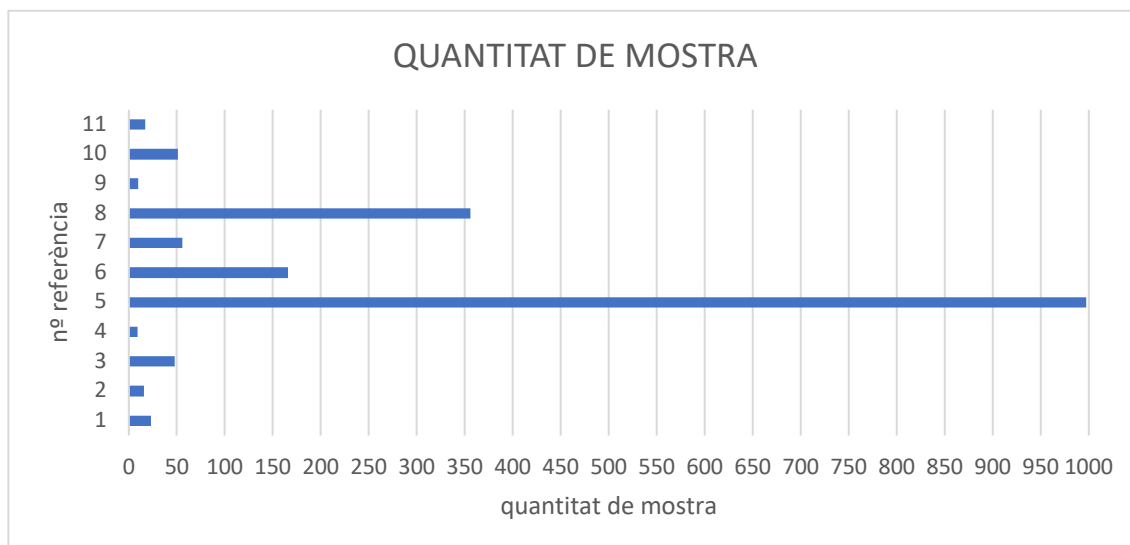


Figura 13. Quantitat de mostra dels articles. Elaboració pròpia.

En la Figura 13 observem com la majoria d'estudis tenen una mostra inferior a 100 subjectes a excepció de 3 estudis amb mostres superiors. Dels 11 articles, 6 tenen una mostra inferior a 50 subjectes. Destacar la mostra de l'estudi 5 que compta amb quasi 1000 participants i l'estudi 8 que supera els 350 participants. Aquesta gràfica és una representació de la magnitud o potencial dels estudis amb una clara diferència de les referències 5 i 8 sobre la resta.

6.4 Distància i desnivell de la prova

Com es mostra a la Taula 4, els 11 estudis s'han realitzat amb distàncies diferents. Per tant, estem davant de competicions amb demandes fisiològiques diferents tot i ser una mateixa modalitat esportiva.

Les demandes físiques i mentals variaran en funció de la distància ja que no serà el mateix una prova com la del estudi nº 7 on s'han de superar 76km i 7180m de desnivell positiu acumulat, on el temps promig de realització de la prova de tots els participants es situa a les 17 hores i 53 minuts, que una prova com la de la referència nº 11 on es realitza una prova de 16km on els participants van obtenir un temps promig de 1h i 9 minuts de duració per superar els 16km.

Per altra banda, també trobem una gran diferència amb la distància de l'estudi nº 7 on els participants recorren 161km. Aquest estudi té una distància similar amb el nº 10 que alguns participants recorren 160km.

La distància que més es repeteix en la mostra d'estudis és la distància de marató, que correspon a 42,195km. Les referències 2, 5, 6 i 9 estudien distàncies de marató i per tant, poden ser comparables entre elles. Les referències 7 i 10 també tenen un distància similar per poder fer una comparació més directa i fiable.

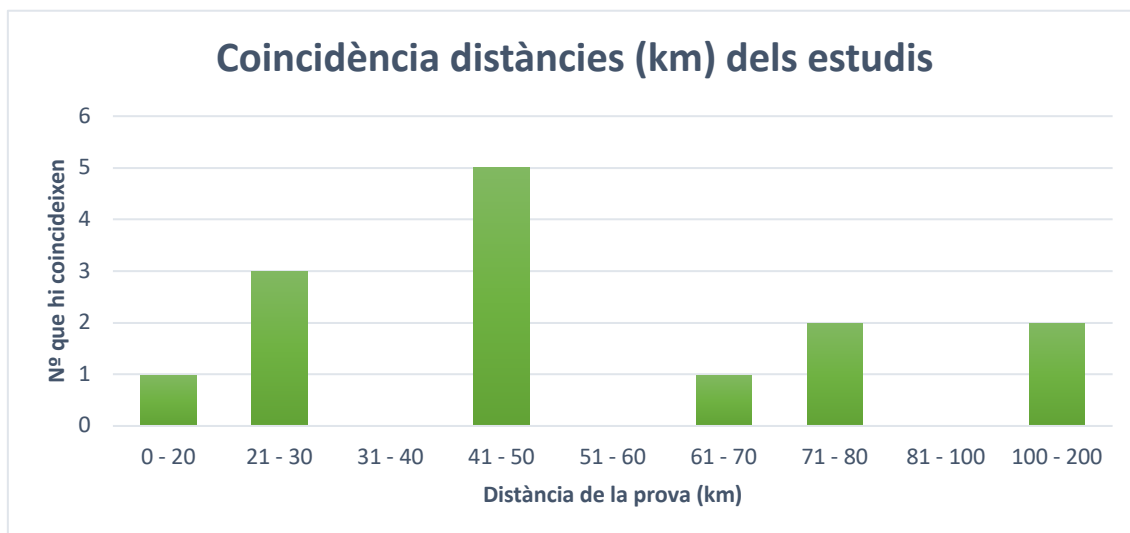


Figura 14. Coincidència de distàncies dels estudis de la mostra. Elaboració pròpia.

En la Figura 14 observem de manera gràfica quina és la distància més repetida en els estudis i la més estudiada, organitzades en marges de distàncies per tal de simplificar la gràfica. En primer lloc trobem les distàncies d'entre 41 i 50km, en segon lloc les distància d'entre 21 i 30km i en tercer lloc les distàncies d'entre 71 i 80km i de 100 a 200km.

Pel que fa el desnivell positiu acumulat dels estudis només s'especifica en 4 (nº referència 1, 4, 7 i 8).

Per tal de comparar la duresa de les proves que s'analitzen en cada estudi he elaborat un propi "coeficient de duresa" que consisteix en dividir els metres de desnivell positiu acumulat de la prova per la distància (km). Això ens donarà un nombre que reflexa el desnivell positiu acumulat per cada quilòmetre de prova.

Per exemple: La referència nº 1, té un desnivell positiu acumulat de 4000m i una distància de 65km. Per tant: $4000 / 65 = 61,5$. El coeficient de duresa de la prova de l'estudi 1 és de 61,5.

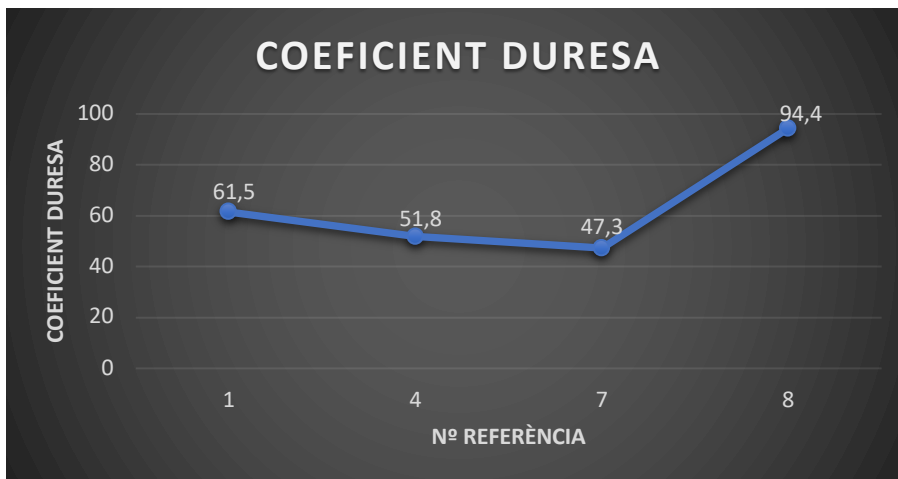


Figura 15. Coeficient de duresa. Elaboració pròpia.

En la Figura 15 veiem el gràfic comparatiu de duresa de les proves de les referències nº 1, 4, 7 i 8 ja que són les úniques que especifiquen el desnivell positiu acumulat.

S'observa clarament que l'estudi nº 8 és el que presenta una major duresa ja que s'acumulen 94,4m de desnivell positiu per cada quilòmetre de prova. Per contra, l'estudi que presenta una prova amb menys coeficient de duresa és l'estudi nº 7 amb un total de 47,3m de desnivell positiu acumulats per cada quilòmetre. Aquesta eina ens pot servir per comparar la duresa de proves on les distàncies i desnivells són molt diferents.

6.5 Variables del rendiment que s'analitzen

Observant la Taula 5, veiem que en la mostra de 11 articles s'analitzen moltes variables. Per tal de simplificar i fer aquesta revisió més entenedora les he agrupat en 4 grups:

- Característiques antropomètriques (IMC, % greix, pes, plecs cutanis, etc.)
- Paràmetres d'entrenament (anys d'experiència, volum d'entrenament, tipus d'entrenament, etc.)
- Paràmetres fisiològics (VO2Màx, llindars ventilatoris, economia de cursa, etc.)
- Paràmetres psicològics (duresa mental, motivació, resiliència, etc.)

Tal i com s'ha pogut observar en la Taula 5, els articles no es centren només en variables d'un únic grup sinó que parlen de més d'un grup de variables.

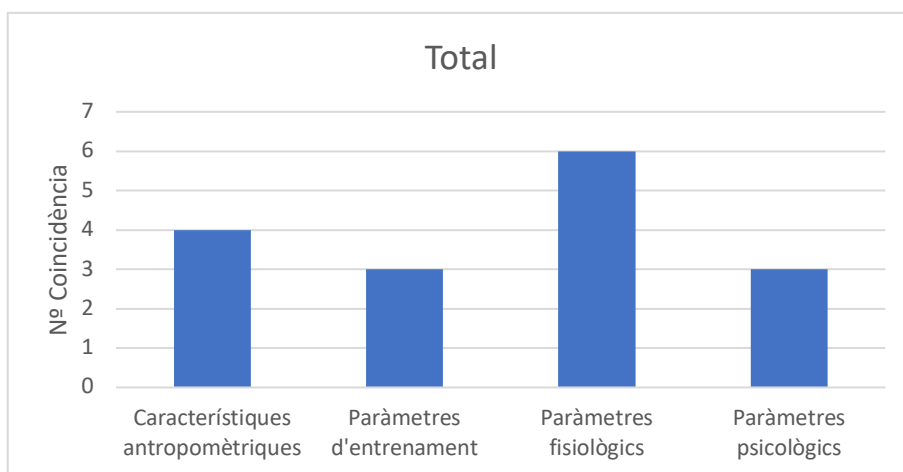


Figura 16. *Coincidència de les variables analitzades. Elaboració pròpia.*

Com es veu en la Figura 16, els paràmetres més estudiats i analitzats en els 11 articles de la mostra, són els paràmetres fisiològics, seguit de les característiques antropomètriques i en última instància, les característiques d'entrenament i paràmetres psicològics.

Aquesta gràfica reflexa la tendència general a l'hora d'estudiar o determinar el factors determinants del rendiment ja que tendim a donar molta importància als paràmetres fisiològics com són el VO₂Màx, llindars ventilatoris, economia de cursa, etc. Aquests paràmetres fisiològics estan directament relacionats amb el model clàssic de factors de rendiment de Bassett i Howley (2000) que hem vist a la Figura 6. Aquesta tendència coincideix amb la hipòtesis que em vaig plantejar al inici d'aquest treball que hem pogut veure en l'apartat 3.3 del treball. En segon lloc trobem les característiques antropomètriques i és totalment lògic. Els esports de resistència requereixen desplaçar el teu cos en l'espai, en el cas del Trail Running, per la muntanya, pujant i baixant pendents. Això fa que les característiques antropomètriques del subjecte siguin molt importants ja que a nivell energètic no tindrà la mateixa despesa desplaçar una massa de 85kg per una pujada del 25% de pendent que una massa de 60kg. Per això, en els esports de resistència sempre han tingut molta importància els valors relatiu scom poden ser el VO₂Màx, expressat en ml/kg/min o la potència relativa, expressada en w/kg.

Per últim, trobem que les variables d'entrenament i psicològiques també coincideixen en diversos estudis i és que cada cop s'esta prenent més consciència de l'importància d'aquestes, ja que com s'ha vist en l'estudi de Méndez-Alonso, Prieto-Saborit, Bahamonde i Jiménez-Arberás (2021) la duresa mental i la resiliència són factors decisius en l'èxit esportiu i el rendiment a les curses d'ultra-trail.

6.6 Conclusions

Observant les conclusions de tots els estudis de la revisió que hem pogut veure a la Taula 6, una cosa queda bastant clara i és que el model clàssic es mostra insuficient per predir el rendiment de forma significativa en curses per muntanya ja que descuida altres aspectes molt importants com la psicologia del corredor, economia de cursa en diferents pendents, resistència local, etc.

Analitzant les conclusions dels estudis podem extreure algunes premisses:

- Les curses de ultra-trail (molt llarga distància) es corren a una intensitat igual o lleugerament inferior al VT1, per tant, el VT1 pot ser un bon predictor del rendiment.
- Els paràmetres relacionats amb el VO2Màx són bons indicadors del rendiment.
- Una trepitjada de mig peu o avant-peu està relacionada amb un major rendiment.
- Entrenar volums alts i amb entrenaments de resistència llargs està relacionat amb un major rendiment.
- La duresa mental és un factor molt important i un requisit mínim per estar a l'elit.

7 Aplicació pràctica

Pel que fa l'aplicació pràctica d'aquesta revisió sistemàtica, i seguint amb l'objectiu 2 de l'apartat 3.2, he elaborat un model resum dels factors que determinen el rendiment.

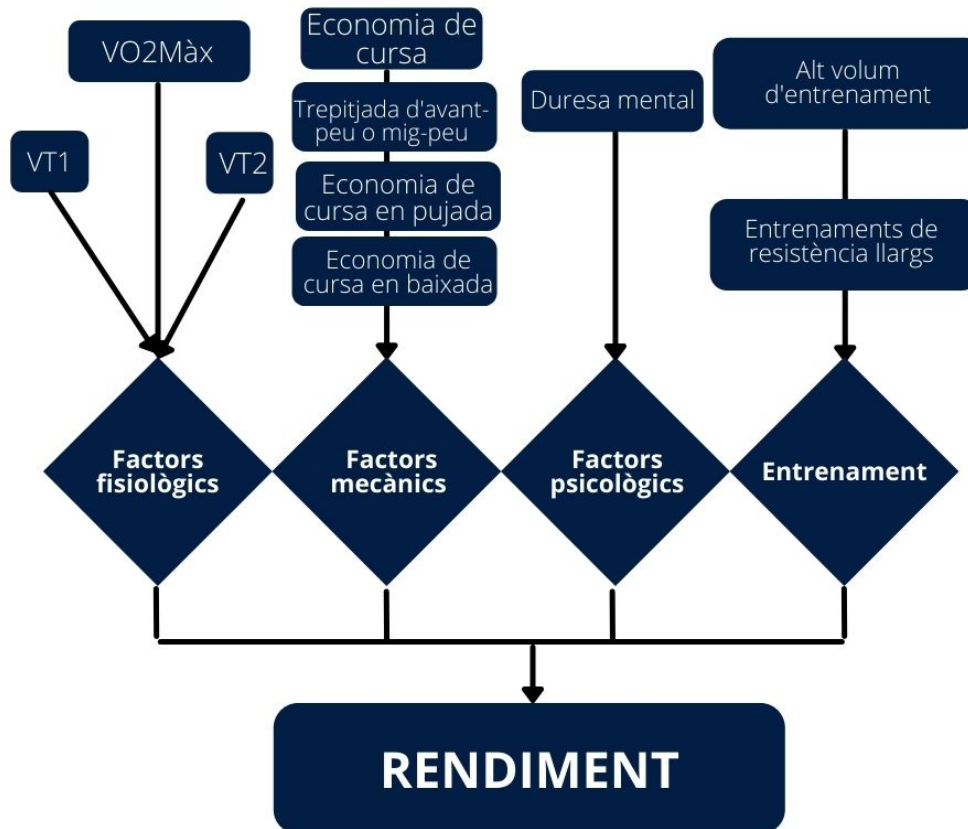


Figura 17. Model de rendiment basat en l'evidència científica trobada. Elaboració pròpia.

Observant la Figura 17, s'observa un model de rendiment molt més complet i que té en compte molts més aspectes que el model clàssic que hem pogut veure en la Figura 6.

8 Conclusions

Després de realitzar una revisió sistemàtica de la literatura científica existent, els factors que determinen el rendiment en les curses per muntanya són el VO₂Màx, llindars ventilatoris (VT1 en ultra-trails), economia de cursa específica (en diferents pendents), la duresa mental i un volum alt d'entrenament.

La hipòtesis que em vaig plantejar a l'inici d'aquest treball "Els principals factors que determinen el rendiment en les curses de muntanya són els factors fisiològics com els llindars ventilatoris, VO₂Màx i economia de cursa, depenent de la distància de la prova" queda descartada ja que no és així. Com s'ha pogut veure en l'apartat de discussió, els factors fisiològics no són els únics que determinen el rendiment, potser sí un dels més importants però no els únics i per tant, dissenyar un model de predicció del rendiment només en base a paràmetres fisiològics és insuficient, cal tenir en compte altres factors.

Un cop acabat aquest treball, puc donar resposta a la meua pregunta de recerca que he exposat en l'apartat 3.1 del treball que era la següent:

"Quins són els factors que determinen el rendiment en les curses per muntanya en adults?"

La resposta és que són molts els factors que determinen el rendiment però els més importants, segons l'evidència científica revisada en aquest treball i tal i com es pot veure en la Figura 17 de l'apartat anterior, són els següents:

- Factors fisiològics (VO₂Màx, VT1 i VT2).
- Factors mecànics (economia de cursa, trepitjada d'avant-peu i/o mig-peu, economia de cursa en pujada, economia de cursa en baixada).
- Factors psicològics (duresa mental).
- Entrenament (alt volum d'entrenament i entrenaments de resistència llargs).

9 Limitacions i futures investigacions

La principal limitació que m'he trobat en aquest treball és la manca d'estudis sobre factors de rendiment en curses per muntanya. Com s'ha vist al llarg del treball, és un esport bastant nou i que està en fase de creixement. Això fa que hi hagi una manca d'estudis, sobretot assajos de control aleatori ja que la immensa majoria són estudis descriptius.

La manca d'estudis específics de curses per muntanya ha fet haver d'incloure estudis que estudiaven curses de distància marató sobre asfalt i estudis on s'estudiaven distàncies molt diferents entre elles, des de 27km fins a 161km.

Un cop realitzat aquest treball m'he donat compte que encara queda molt per estudiar sobre factors de rendiment en curses per muntanya i crec que caldria investigar sobre aspectes més específics del terreny com l'economia de cursa en pujada i baixada (en diferents pendents), l'alimentació en cursa, etc.

Després d'haver fet aquesta revisió sistemàtica, un futur treball experimental que faria per seguir adquirint coneixement sobre el rendiment en curses per muntanya, seria enfocar-lo al tipus d'entrenament que dona millors rendiments. Comparar si és millor fer entrenaments llargs i de baixa intensitat, entrenaments d'alta intensitat, quina distribució d'intensitats durant la setmana és la millor (polaritzada, piramidal, etc.).

10 Bibliografía

- Alvero-Cruz, J. R., Parent Mathias, V., Garcia Romero, J., Carrillo de Albornoz-Gil, M., Benítez-Porres, J., Ordoñez, F. J., Rosemann, T., Nikolaidis, P. T., & Knechtle, B. (2019). Prediction of Performance in a Short Trail Running Race: The Role of Body Composition. *Frontiers in physiology*, *10*, 1306. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01306>
- Alvero-Cruz, J.R., Carnero, E., Giráldez, M.A., Alacid, F., Correas-Gómez, L., Rosemann, T., Nikolaidis, P., Knechtle, B., (2020). Predictive Performance Models in Long-Distance Runners: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*, 8289. <https://doi:10.3390/ijerph17218289>
- Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Strategies to improve running economy. *Sports medicine*, *45*(1), 37-56.
- Bassett, D. R., i Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, *32*(1), 70-84.
- Björklund, G., Swarén, M., Born, D.P., Stöggl, T. (2019). Biomechanical Adaptations and Performance Indicators in Short Trail Running. *Frontiers in Physiology*, *10*.
- Brace, A. W., George, K., i Lovell, G. P. (2020). Mental toughness and self-efficacy of elite ultra-marathon runners. *PloS one*, *15*(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241284>
- Cejuela, R., Pérez, J.A., Cortell, J.M., Villa, J.G., i Rodríguez, J. A. (2007). Análisis de los factores de rendimiento en triatlón distancia sprint. *Journal of Human Sport and Exercise*, *2*(2),1-25. Recuperat de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=301023504001>

- Coates, A. M., Berard, J. A., King, T. J., i Burr, J. F. (2020). Physiological determinants of ultramarathon trail running performance. *SportRxiv*.
<https://doi.org/10.31236/osf.io/y2kdx>
- Conley, D. L., i Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12(5), 357-360.
- División de Estadística y Estudios. (2021). *Deporte federado*. Ministerio de Cultura y deporte. Madrid. Recuperat de
<https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:6b7e9a1a-e3e5-4b45-8ae5-6f187b50235f/estadistica-de-deporte-federado.pdf>
- Ehrström, S., Tartaruga, M. P., Easthope, C. S., Brisswalter, J., Morin, J. B., i Vercruyssen, F. (2018). Short Trail Running Race: Beyond the Classic Model for Endurance Running Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(3), 580–588.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001467>
- Faude, O., Kindermann, W. i Meyer, T. (2009). Lactate Threshold Concepts. *Sports Med*, 39(6), 469–490. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Fokkema, T., van Damme, A., Fornerod, M., de Vos, R. J., Bierma-Zeinstra, S., i van Middelkoop, M. (2020). Training for a (half-)marathon: Training volume and longest endurance run related to performance and running injuries. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 30(9), 1692–1704. <https://doi.org/10.1111/sms.13725>
- Fornasiero, A., Savoldelli, A., Fruet, D., Boccia, G., Pellegrini, B., i Schena, F. (2018). Physiological intensity profile, exercise load and performance predictors of a 65-km mountain ultra-marathon. *Journal of sports sciences*, 36(11), 1287–1295.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1374707>

Heydenreich, J., Kayser, B., Schutz, Y., i Melzer, K. (2017). Total energy expenditure, energy intake, and body composition in endurance athletes across the training season: a systematic review. *Sports medicine-open*, 3(1), 1-24.

ITRA (2021). Recuperat de: <https://itra.run/content/definition-trail> (1 Juny, 2021).

Jones, A. M., Kirby, B. S., Clark, I. E., Rice, H. M., Fulkerson, E., Wylie, L. J., Wilkerson, D. P., Vanhatalo, A., i Wilkins, B. W. (2021). Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 130(2), 369–379.

Kovács, B., Kóbor, I., Gyimes, Z., Sebestyén, Ö., i Tihanyi, J. (2020). Lower leg muscle-tendon unit characteristics are related to marathon running performance. *Scientific reports*, 10(1), 17870. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73742-5>

McCormick, A., Meijen, C., & Marcora, S. (2015). Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. *Sports medicine*, 45(7), 997-1015. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0319-6>

McLaughlin, J. E., Howley, E. T., Bassett, D. R., Thompson, D. L., i Fitzhugh, E. C. (2010). Test of the Classic Model for Predicting Endurance Running Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 42(5), 991–997.

Méndez-Alonso, D., Prieto-Saborit, J. A., Bahamonde, J. R., i Jiménez-Arberás, E. (2021). Influence of Psychological Factors on the Success of the Ultra-Trail Runner. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2704. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052704>

Mooses, M., Mooses, K., Haile, D.W., Durussel, J., Kaasik, P., i Pitsiladis, Y. P. (2015). Dissociation between running economy and running performance in elite Kenyan distance Runners. *Journal of Sports Science*, 33 (2), 136-144. <http://doi.org/10.1080/02640414.2014.926384>

- Nikolaidis, P. T., Chalabaev, A., Rosemann, T., i Knechtle, B. (2019). Motivation in the Athens Classic Marathon: The Role of Sex, Age, and Performance Level in Greek Recreational Marathon Runners. *International journal of environmental research and public health*, 16(14), 2549. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142549>
- Ogueta-Alday, A., Morante, J. C., Gómez-Molina, J., i García-López, J. (2018). Similarities and differences among half-marathon runners according to their performance level. *PloS one*, 13(1), e0191688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191688>
- 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.
- PEDro. (2022). *Escala de PEDro*. Consultat 15 d'abril 2022, des de <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>
- Raglin, J. S. (2001). Psychological factors in sport performance. *Sports medicine*, 31(12), 875-890.
- Svedahl, K., i MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian journal of applied physiology*, 28(2), 299-323.
- Urbaneja, J. S., Yuba, E. I., Roca, V. L., i Torbidoni, E. I. F. (2016). Carreras (de o por) montaña o trail running. El reconocimiento de la modalidad deportiva: una visión jurídica. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (30), 143-148.
- Urrútia, G., Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas i metaanálisis. *Medicina Clinica*, 135 (11), 507-511.

10 Annex

10.1 Annex 1

En la Figura 18 i 19, s'observa l'escala PEDro original. Extreta de PEDro (2022).

Figura 18. 1a part escala PEDro.

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible "ponderar" los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa ("generalizabilidad" o "aplicabilidad" del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la "validez" de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la "calidad" de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Extret de PEDro (2022)

Figura 19. 2a part escala PEDro.

Notas sobre la administración de la escala PEDro:

- Todos los criterios **Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente.** Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.
- Criterio 1 Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
- Criterio 2 Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.
- Criterio 3 *La asignación oculta* (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.
- Criterio 4 Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.
- Criterio 4, 7-11 *Los Resultados clave* son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.
- Criterio 5-7 *Cegado* significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran "cegados" si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.
- Criterio 8 Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente *tanto* el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos *como* el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.
- Criterio 9 El análisis por *intención de tratar* significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.
- Criterio 10 Una comparación estadística *entre grupos* implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad con la que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.
- Criterio 11 Una *estimación puntual* es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las *medidas de la variabilidad* incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.

Extret de PEDro (2022)