

# **Impacte del calçat esportiu estàndard i calçat minimalista en la biomecànica dels corredors, no competitiu, durant el seu temps d'oci**

## **Anna Sala Pagès**

Tutora: Anna M. Señé Mir

Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

Facultat d'Educació, Traducció i Ciències Humanes.

Universitat de Vic

15 de Maig de 2015

## Continguts

Agraïments .....	3
Resum.....	4
1.Introducció.....	6
2.Marc teòric .....	7
2.1 Evolució històrica: equilibri jornada laboral i temps d'oci .....	7
2.2 Evolució i actualitat de l'activitat física .....	8
2.3 El <i>running</i> .....	10
2.3.1 La tècnica del <i>running</i> .....	12
2.3.2 Calçat esportiu per a la pràctica del <i>running</i> .....	14
2.3.3 Estudis que analitzen els efectes del calçat amb la tècnica de carrera fins a l'actualitat.....	17
3.Justificació, preguntes d'investigació, objectius i hipòtesis .....	21
4.Mètode.....	23
4.1. Participants .....	23
4.2. Variables .....	23
4.3. Instruments .....	24
4.4. Disseny i procediment.....	24
4.5. Anàlisi de dades.....	25
5.Resultats.....	27
6.Discussió de resultats.....	33
7.Conclusions.....	40
8.Referències.....	41

## Agraïments

Primer de tot agrair la voluntat i dedicació dels participants de l'estudi.

En segon lloc donar les gràcies al gimnàs GIMBIC per facilitar-me les seves instal·lacions.

També, agrair a la meva tutora, Anna M. Señé Mir, per orientar-me en tot moment.

I, per últim, i no menys important, agrair el suport i la paciència de tota la meva família.

Moltes gràcies a tots, sense vosaltres aquest estudi no hauria estat possible.

## Resum

**Context:** Biomecànica en la pràctica esportiva

**Objectiu:** Analitzar l'impacte del calçat estàndard i minimalista en la flexió dels angles de turmell, genoll i de l'articulació coxofemoral i els moviments articulars dels corredors populars i, comparar la freqüència de passes per minut en els diferents tipus de calçat.

**Mostra:** 4 nois corredors amateurs (2 corredors experimentats amb calçat minimalista *fivefingers* i 2 novells amb aquest tipus de calçat). L'edat dels individus oscil·la entre 22 i 24 anys, alçada entre 174 i 179 cm i la massa corporal entre 66 i 74 kg i, practiquen *running* dos dies a la setmana, com a mínim.

**Mètode:** Realitzar 2 sèries de 10 minuts cada una a 8 km/h sobre una cinta mecànica. La primera sèrie, l'atleta córrer utilitzant el seu calçat habitual i, en la segona sèrie, amb el calçat no habitual (calçat que no ha utilitzat mai o durant els últims 6 mesos).

**Resultats:** S'ha observat diferències significatives interindividuais en l'angle de flexió de turmell de  $6.529^\circ$  (SD=9.126) ( $p<0.01$ ), en la flexió del genoll que és de  $3.290^\circ$  (SD=7.779) ( $p<0.01$ ) i en el moviment articular de l'extremitat inferior esquerra que és de  $0.735^\circ$  (SD=3.177) ( $p=0.005$ ).

**Conclusions:** El tipus de calçat modifica la biomecànica dels corredors practicants del *running* durant el temps d'oci, sobretot, en l'angle de flexió del turmell i del genoll. Els individus realitzen més passes per minut quan utilitzen calçat minimalista *fivefingers*.

**Paraules clau:** biomecànica, calçat minimalista, calçat estàndard, angles flexió, moviments articulars, *running*

## Abstract

**Context:** Biomechanical study in sports

**Aim:** Analyzing the impact of minimalist and standard trainers in the bending angle of the ankle, knee and hip joints and the joints movements of the ordinary runners and comparing the frequency of steps per minute in different types of footwear.

**Sample:** 4 male amateur runners (2 experienced runners with minimalist footwear and 2 inexperienced runners with this type of footwear). Their age range is between 22 and 24, their height between 174 and 179 cm and their weight between 66 and 74 kg. They go at least twice a week.

**Method:** Do 2 sets of 10 minutes each one at 8 km/h on a treadmill. On the first set, the runner uses his usual footwear and on the second set he uses unfamiliar footwear, that's to say, trainers that the runner has never used or at least during the last 6 months.

**Results:** It has been noticed significant differences between participants in their ankle bending angle of  $6.529^\circ$  (SD=9.126) ( $p<0.01$ ), in knee bending of  $3.290^\circ$  (SD=7.779) ( $p<0.01$ ) and joints movements of left extremity of  $0.735^\circ$  (SD=3.177) ( $p=0.005$ ).

**Conclusions:** The type of footwear modifies the biomechanic of popular runners, especially, in ankle and knee angle. The participants do more steps per minute when they use minimalist footwear.

**Key words:** Biomechanic, minimalist footwear, standard footwear, bending angles, joint movements, running.

## 1.Introducció

Tot va començar quan, fa dos o tres anys enrere, en unes sessions d'activitat física a l'aire lliure, em vaig fixar en el calçat que portava el monitor el qual em va sorprendre molt, semblava un mitjó i tenia la forma dels 5 dits. Aquest era un calçat minimalista, un calçat caracteritzat per la simplicitat, és a dir, amb poca sola, gran flexibilitat d'aquesta i gran adaptabilitat al peu de la persona.

Aquesta desconexió, al cap dels anys, s'ha anat transformant en una motivació la qual, a partir del treball de final de grau he pogut conèixer millor aquest món. A partir d'aquesta oportunitat i motivació, l'objectiu és estudiar l'impacte del calçat estàndard i minimalista en la biomecànica de corredors populars. Per a poder realitzar aquesta investigació, primer cal fer una recerca en l'evidència científica per obtenir coneixements, un cop obtinguts, es plantegen diferents hipòtesis i preguntes per resoldre mitjançant el mètode a seguir amb els individus participants de l'estudi i, d'aquesta manera extreure'n resultats, comparar-los amb altres estudis i arribar a unes conclusions. Al llarg de tot aquest procés, m'he adonat que el tipus de calçat té gran rellevància en la manera de caminar i córrer d'una persona, per tant, cal fer un esforç per no deixar-se portar pels poders del màrqueting del calçat i escollir el que més s'adapta a les característiques de cada un.

Com a futura professional en el món de l'esport, tindrè molt en compte la posició corporal que adopta un esportista en la pràctica esportiva, ja que aquesta pot ser provocada pel tipus de calçat. A més, aquesta posició pot afectar al nivell de rendiment de l'atleta i en el risc de patir lesions. També, crec que és molt important treballar conjuntament amb professionals d'altres àmbits, d'aquesta manera poder controlar el màxim de variables que afecten a l'esportista i vetllar per la seva salut i rendiment òptim.

## 2. Marc teòric

### 2.1 Evolució històrica: equilibri jornada laboral i temps d'oci

Fins arribar als temps actuals, la història de la humanitat ha patit diferents canvis per facilitar l'adaptabilitat de la societat en el temps. Alguns d'aquests, han estat en la jornada laboral, en el temps lliure, temps d'oci, entre altres i que cal fer una petita revisió per arribar a centrar l'atenció en el món de les activitats esportives.

Remuntant als anys 1.800, la mitjana de la jornada laboral era de 78 hores setmanals, més tard, als anys 1940 i 1950, aquesta, es va reduir fins a 45 hores per setmana i, a partir dels anys 90, era entre 37 i 40 hores setmanals (Hernández i Gallardo, 1994). A l'actualitat, la durada de la jornada laboral ordinària no pot superar les 40 hores per setmana (Ministeri d'Ocupació i Seguretat Social d'Espanya, 2013).

A més, també cal tenir presents diferents etapes de l'economia espanyola, el qual entre els anys 1975-1985, 1990-1995 i 2000-2008 hi va haver un insuficient desenvolupament industrial que va provocar un desequilibri en el comerç exterior, sobretot en els anys 2000-2008. Aquest fet és un dels aspectes importants en l'existència de la crisi econòmica del 2008 (Guisan i Aguayo, 2008).

La crisi econòmica a Espanya comporta una elevada taxa actual d'atur a Catalunya segons l'Institut d'estadística de Catalunya (2014) que equival a un 19.1% a finals del tercer trimestre i un 23.7% a l'Estat Espanyol. Per tant, tenint en compte aquestes dades i la reducció de la jornada laboral al llarg dels anys, hi ha hagut un augment del temps lliure, aquell temps que no està determinat per l'obligatorietat, és a dir, aquell temps en què no s'està treballant (activitats remunerades) o estudiant, aquell en què no es satisfan les necessitats bàsiques com dormir, menjar, higiene personal..., i ni aquell que no es realitzen treballs domèstics ni obligacions familiars o religioses (Rodríguez i Agulló, 1999), aquest últim, avui en dia essent un gran debat; depenent dels autors, anar a comprar, fer el menjar, fer encàrrecs (treballs domèstics), els classificaran dins el temps lliure o no.

A la vegada que es té més temps lliure, també augmenta el temps d'oci. El temps d'oci és un temps que es troba dins el gran món del temps lliure el qual es destina per a realitzar activitats i pràctiques que un mateix individu escull lliurement segons les seves preferències (motivació intrínseca), a més, també es caracteritza per la realització d'activitats que satisfan les necessitats personals i que té la seva finalitat en

el descans, la diversió, la creació, el desenvolupament de la mateixa persona (Rodríguez i Agulló, 1999), relaxació i oportunitat d'autoexpressió (Henderson [et al.], 1996, citats a Thomas i Nelson, 2007). Hernández i Gallardo (1994), també reforcen el concepte d'oci dins el temps lliure i ho reflecteixen de la següent manera "no todo el tiempo libre es ocio, y, por lo tanto, sólo una parte de ese tiempo libre se puede dedicar al ocio o entenderlo como ocio". (Hernández i Gallardo, 1994:60).

Tot i la gran quantitat d'activitats que es poden realitzar durant el temps d'oci, es troba en gran mesura les activitats referents a la pràctica esportiva. Avui en dia, l'activitat física i l'esport formen part de la vida quotidiana, per la seva pràctica o pels mitjans de comunicació que hi dediquen gran part dels seus espais (Salvador, 1998), per tant és necessari fer una revisió de la seva evolució.

## **2.2 Evolució i actualitat de l'activitat física**

Actualment hi ha gran quantitat de teories (filosòfica, antropològica cultural, entre altres) per determinar l'existència de les activitats esportives i encara hi ha el gran desconcert però, entremig d'aquestes, hi ha un aspecte clar, l'home des de sempre ha realitzat una activitat motora (Betancor i Vilanou, 1995), que aquesta ha anat canviant i essent cada vegada més complexa fins a l'actualitat, adaptant-se al temps i a la societat (Salvador, 1998).

Al llarg de la història s'ha anat trobant referències relacionades amb l'esport, l'activitat física i els jocs. Fa 25.000 anys enrere, a l'era primitiva, els humans que vivien en poblats jugaven entre ells, sense donar importància a l'edat ni el sexe. La funció d'aquests era millorar en les habilitats de caça o de defensa, per tant, el joc tenia una funció totalment adaptativa segons les necessitats de cada poblat. Al 3.000-2.000 a.C, a les poblacions de Mesopotàmia, Egipte i Creta van sorgir altres activitats més complexes com l'esgrima amb pals de fusta, exercicis acrobàtics, lluites de vaixells, entre molts altres. A partir dels anys 700 a.C , passant per als 105 a.C, per l'edat mitjana (s. VI al XIV), etapa caracteritzada pels jocs de pilota, i per l'edat moderna han sorgit multitud d'esports i activitats físiques, algunes, per satisfer la població en forma d'espectacle, d'altres, com a rituals religiosos, etc i cada vegada més complexes; on a l'edat contemporània es reglamenten i només són practicats per a la classe aristòcrata i burgesa, símbol de riquesa (Rodríguez, 2000).

Actualment, les activitats esportives han agafat gran protagonisme, sobretot en l'àmbit de la salut ja que, si les persones que es troben a l'edat adulta realitzen activitats



físiques moderades, aquestes milloren la qualitat de vida reduint la probabilitat de patir malalties cròniques i, també, aportant beneficis a nivell psicològic i social (Márquez [et al.], 2006)

Dins aquest gran món de les activitats esportives, com s'ha anomenat fins ara, pot presentar confusions d'alguns conceptes que caldria clarificar, aquests són activitat física, exercici físic i esport.

La paraula activitat física és un terme molt general ja que Thomas i Nelson (2007:321) la defineixen com “todo movimiento producido por la contracción de músculos esqueléticos que provoca un aumento de la energía liberada”, dit d'altra manera, qualsevol moviment que augmenta la temperatura basal de l'organisme; per tant, engloba infinitats d'accions dins el gran món de l'activitat física. Pel que fa a l'exercici físic és un moviment corporal que es porta a terme de manera planificada, estructurada i repetitiva per mantenir o millorar la forma física, sistema cardio-respiratori, locomotor, entre altres (Caspersen, 1989 citat a Thomas i Nelson, 2007). I, l'altre concepte que pot presentar confusions és esport, el qual es caracteritza per un exercici físic reglamentat, que es realitzen competicions i que forma part d'un marc organitzatiu (Bonete [et al.], 2008).

A partir d'aquest moment es centrarà l'atenció en les activitats esportives, les quals tothom pot participar-hi, les regles poden ser creades o adaptades, aquelles que és més important jugar/practicar amb els altres i no contra els altres, requereixen d'un esforç físic i que tingui com a objectiu el factor lúdic i afectiu (Hernández i Gallardo, 1994). A més, fer activitat física de manera regular millora la salut i promou el benestar físic i psicològic; aquest és clau per tenir un bon nivell de vida (Puigcerver [et al.], 2013). Hi ha moltes activitats esportives a escollir però, una de les més practicades actualment és el *running*\*.

\*parlarem amb aquest terme anglosaxó per determinar un exercici físic com la carrera a l'aire lliure

## 2.3 El *running*

El *running*, anglicisme que prové de la paraula “to run” de l’anglès que significa córrer i és una expressió que s’ha posat de moda en els últims anys, és una activitat recreatiu-esportiva que es practica dins el temps d’oci. El *running* fa referència a l’atletisme popular, el qual s’ha expandit per la seva facilitat en la realització, per l’adaptabilitat a la forma física i ritme dels seus practicants i la flexibilitat que proporciona ja que es pot practicar a qualsevol lloc i en qualsevol hora (Llopis i Llopis, 2012). Per tant, la pràctica del *running* és una activitat que, habitualment, es practica dins el temps d’oci de les persones.

Els humans van començar a córrer fa gairebé 2 milions d’anys, des que l’ésser va adoptar la postura en bipedisme degut a l’estructura esquelètica i les especialitzacions musculars, les quals li van permetre córrer i competir amb altres carnívors pel menjar. (Rothschild, 2012).

D’acord amb l’enquesta d’hàbits esportius a Espanya segons García i Llopis (2011), la població espanyola, més gran de 15 anys, que practica el *running* és d’un 5.6% al 2010, el qual es converteix en un 12.9% de la població que realitza alguna pràctica esportiva. D’aquesta manera es converteix en la cinquena pràctica esportiva més important a Espanya en el 2010.

Las 10 actividades físico-deportivas más practicadas en España en 2010 y 2005 (porcentajes sobre total practicantes deportivos)			
2010	%	2005	%
Gimnasia y actividad física guiadas	34,6	Natación (recreativa y de competición)	32,6
Fútbol (en campo grande, fútbol sala, futbito y fútbol 7)	24,6	Fútbol (en campo grande, fútbol sala, futbito y fútbol 7)	26,6
Natación (recreativa y de competición)	22,9	Gimnasia y actividad física guiadas	26,3
Ciclismo (recreativo y de competición)	19,8	Ciclismo (recreativo y de competición)	19,1
Carrera a pie ( <i>footing</i> o <i>running</i> )	12,9	Actividad en el medio natural (senderismo, montañismo, excursionismo...)	11,9
Actividad en el medio natural (senderismo, montañismo, excursionismo...)	8,6	Carrera a pie ( <i>footing</i> o <i>running</i> )	11,1
Baloncesto (en cancha grande y minibasket)	7,7	Baloncesto (en cancha grande y minibasket)	9,4
Tenis	6,9	Tenis	8,9
Atletismo	6,0	Atletismo	7,2
Pádel	5,9	Musculación, culturismo y halterofilia	6,8

**Taula 1:** Percentatge de persones que realitzen alguna pràctica esportiva  
**Font:** García i Llopis, 2011:87

En la *taula 1* s’observa un augment del percentatge de participants entre els anys 2005 i 2010 i, avui en dia, el *running* segueix essent una pràctica que va creixent ja que és un camí per aconseguir una bona forma física i promocionar l’exercici a llarg termini

(Rothschild, 2012); afirmació que també recolzen Squadrone i Gallozzi (2009). A més, els autors Perkins [et al.] (2014) també remarquen l'importància per mantenir i millorar la salut cardiovascular mitjançant la seva pràctica amb regularitat.

En l'estudi de Llopis i Llopis (2012) diferencien varis perfils de corredors, en funció del grau de formació que tenen i segons el tipus de pràctica, és a dir, individual o grupal. Aquells corredors amb una escassa formació i practicants individuals els anomena solitaris hedonistes, pel contrari, aquells corredors de forma individual i amb gran formació són els individualistes competitius. Per altra banda, aquells practicants amb alt nivell relacional, és a dir, aquells que corren acompanyats i tenen poca formació en el món del *running* els denomina rodadors relacionals i, finalment, un últim grup de persones que són els grupalistes disciplinats, aquells amb alt nivell de formació i de relació.



**Imatge 1:** Tipologia de corredors espanyols

**Font:** Llopis i Martínez, 2012:13

Ara bé, no només es poden diferenciar els practicants del *running* segons el grau de formalització tècnica i el caràcter relacional sinó que també, un aspecte a tenir en compte és el tipus de superfície on es realitza l'activitat (García, 2000).

García (2000) destaca diferents tipus de superfície a l'aire lliure per portar a terme l'activitat del *running*.

- Pistes sintètiques les quals estan pensades per afavorir el rendiment, aprofitant tota la força aplicada en la pràctica tot i que, si s'utilitza un calçat amb claus pot produir sobrecàrregues que es poden convertir en lesions si no s'alternen diferents superfícies; no s'hauria d'abusar d'aquest tipus de calçat.

- Pistes de terra o cendra solen ser més absorbents i per tant, no produeixen tantes lesions per sobrecàrrega però, no permeten córrer tant ràpid com les anteriors.
- Camins o parcs amb terra premada els quals permeten córrer a altes velocitats i és una bona superfície amortiguadora per disminuir els riscos de sobrecàrregues i lesions.
- Carreteres asfaltades, superfície poc amortiguadora la qual és necessari utilitzar calçat esportiu amb una sola gruixuda per amortiguar l'impacte tot i ser contraposat a la velocitat; aquesta es veurà afectada per una reducció.
- Herba, superfície tova, útil per amortiguar els impactes però no útil per treballar a altes velocitats.
- Sorra, depenent de les característiques tindrà uns aspectes positius o no; en sorra tova cal tenir en compte que pot produir lesions en el genoll i maluc ja que la funció dels flexors plantars queda bastant anul·lada i la velocitat és menor i, en sorra dura, la velocitat és més alta però cal tenir en compte les sobrecàrregues que es poden patir

A més dels diferents tipus de corredors i les diferents superfícies per practicar el running, cal tenir en compte un altre aspecte diferenciador, la tècnica de carrera, la manera de córrer tal i com ho emfatitza Dysson citat a Vinuesa i Coll (1997).

### **2.3.1 La tècnica del *running***

La carrera, tal com diuen Vinuesa i Coll (1997:14) “és una cosa senzilla i difícil, senzilla perquè és una habilitat natural i difícil per la complexitat mecànica”, és a dir, difícil per la seva tècnica, per tant, per analitzar la carrera d'un esportista cal analitzar la seva tècnica, ja que com diu Dysson citat a Vinuesa i Coll (1997) no hi ha dos atletes que corrin de la mateixa manera perquè cada persona té una estructura anatòmica diferent, diferents valors de potència i flexibilitat, etc, però sí que, en cada una d'elles es pot diferenciar les diferents fases de la carrera independentment de la tècnica individual de cada atleta.

Hi ha molts professionals d'aquest àmbit que defineixen les diferents fases de la carrera. Per exemple, Rius (2009) la divideix en tres fases; l'amortigüació, la fase d'impuls i la fase de vol.

La fase d'amortigüació és aquella que s'inicia quan el peu està en contacte amb el terra. Aquest recolzament es realitza amb la part de la planta del peu més pròxima als

dits, tot i que visualment pot portar confusions, i davant del centre de gravetat del corredor. El taló del peu contrari al de recolzament, està tocant al gluti i es realitza una flexió de l'articulació coxofemoral fins que el genoll arriba a la mateixa alçada que el de la cama de recolzament i, fins i tot, el passa una mica. A partir d'aquí, comença la fase d'impuls amb el centre de gravetat més avançat que la cama de recolzament. El genoll de la cama de recolzament comença a realitzar extensió per donar impuls al maluc i avançar el centre de gravetat. El peu passarà d'un recolzament del metatars cap als dits. L'altra cama que el taló toca al gluti, el genoll comença a avançar-se i pujar, sobrepasant la cama de recolzament. Quan la cuixa estigui en horitzontal amb la pelvis, es produeix una extensió del genoll i màxima flexió plantar. A partir d'aquí, hi ha un moment de transició entre l'impuls i el recolzament que l'anomena fase de vol. Aquesta, es caracteritza per la finalització de l'impuls, el qual es va flexionant el genoll i el taló va a buscar el gluti, per d'aquesta manera tornar a iniciar les diferents fases.

A més, Vinuesa i Coll (1997) afegixen una altra fase, la fase del recolzament, per tant, aquest autor divideix la tècnica de carrera en 4 fases, l'amortiguació, el recolzament, l'impuls i la fase de vol.

La primera fase, la fase d'amortiguació correspon a quan l'atleta té contacte amb al terra amb la part externa del metatars. Aquest contacte amb el peu es realitza per davant el centre de gravetat de l'esportista i quasi en la vertical del genoll. Mentre el centre de gravetat va avançant, el contacte amb el terra va canviant i poc a poc es va recolzant la part interna del metatars a la vegada que el taló es va acostant al terra. El moment en què coincideixen, perpendicularment, el centre de gravetat i la base de sustentació és la fase de recolzament, on les diferents articulacions del trenc inferior i l'articulació coxofemoral es troben flexionades. Aquesta fase és interessant no allargar-la per no perjudicar la fase següent, l'impuls. La fase d'impuls, quan el centre de gravetat passa el punt de recolzament es produeix una extensió de les articulacions, pelvis, genoll i turmell, acabant la fase amb la pèrdua de contacte amb al terra. Aquest impuls es realitza amb l'interior del metatars i dits. L'altra extremitat inferior, que es coneix com la lliure, està flexionada endavant i amunt, el genoll es troba a l'alçada de la pelvis. Un cop es perd el contacte amb al terra, s'inicia la fase de vol i la cama inicia la recollida, el replegament. Aquesta fase acaba quan la cama contrària té contacte amb al terra, la fase d'amortiguació.

## Patrons de la trepitjada

Un aspecte important a tenir en compte dins l'observació de la tècnica és el patró de la trepitjada que fa l'atleta, és a dir, com realitza el contacte del peu amb el terra, en quina zona es produeix.

Els autors Lieberman [et al.] (2010) citats a McCallion [et al.] (2014) diferencien tres zones del peu en què es pot produir aquest contacte amb el terra; la zona del taló (*heel foot strike*, HFS), la part mitja del peu que correspondria amb el metatars aproximadament (*mid foot strike*, MFS) i la zona de davant, realitzar el contacte amb els dits del peu (*fore foot strike*). Perkins [et al.] (2014) també utilitzen aquesta mateixa nomenclatura per determinar els patrons de la trepitjada.

Tot i diferenciar els patrons de la trepitjada cal determinar quins són els factors que porten a realitzar el contacte amb la part del darrera, mitja o davantera del peu, per això es necessita conèixer el material necessari per a la pràctica del *running*, entre ells, tenir en compte el tipus de calçat que s'utilitza.

### 2.3.2 Calçat esportiu per a la pràctica del *running*

La societat està en canvi constant, la pràctica del *running* guanya popularitat, i tot això també comporta l'evolució de la indumentària esportiva, entre ella tenir en compte el tipus de calçat que s'utilitza. El calçat és un component bàsic per a la pràctica del *running*, ja que aquest pot influenciar en el rendiment de l'atleta i en la prevenció de lesions. Quan un corredor selecciona el seu calçat ha de tenir clar quines són les seves necessitats i escollir el que millor s'hi adapti (Pugicerver [et al.], 2013).

El calçat esportiu, ha estat l'element que ha comportat més diferències amb el pas del temps. A l'inici de la història de l'ésser humà, es caçava, corria i es jugava sense cap tipus de calçat, anaven descalços però, a mesura que han anat passant els anys, la pràctica del *running* s'ha professionalitzat i amb ella el tipus de calçat.

El segle XVIII va sortir el mercat una sabatilla de running de pes lleuger que permetia una bona adherència al terra. Un segle més tard es va crear un calçat fet de cuir amb punxes que millorava la tracció i el rendiment. Als voltants del 1920, es va afegir suport addicional a la sabatilla esportiva, que fos més resistent i flexible. La sabatilla esportiva moderna va evolucionar en la dècada del 1970, que oferia millor comoditat, durabilitat i una millor amortigüació del peu (Rothschild, 2012).

Actualment, el calçat és més esportiu i amb menys pes (280-290 g el parell), i que absorbeix millor els impactes de la carrera. Tots aquests petits canvis, l'evolució dels diferents materials que s'utilitzen permet una millora en el rendiment esportiu dels esportistes. Aquesta millora es veu reflectida en diferents aspectes com, menor resistència per avançar, més seguretat, menys risc de lesió i més comoditat en el moviment dels corredors (Martín, 2011).

Hi ha diferent tipus de calçat esportiu, les bambes estàndard, les típiques d'aquesta pràctica, o el calçat minimalista, un tipus de calçat que s'ha posat de moda fa poc temps. Les principals característiques de les bambes estàndard són l'amortigüació, sobretot en la zona del taló (càmera d'aire), el gruix de la sola, els arcs de suport i el control del moviment. Pel contrari, el calçat minimalista és totalment oposat, és a dir, es caracteritza per tenir menys perfil (forma), gran flexibilitat de la sola, reducció del gruix d'aquesta i la pèrdua del control de moviment (Bonacci [et al.], 2013). Tot i la gran evolució en el calçat esportiu també, hi ha atletes que prefereixen córrer descalços (Rothschild, 2012).

Els defensors d'aquesta moda, córrer descalç, creuen que córrer com els nostres avantpassats pot ser una bona forma de reduir les lesions relacionades amb el funcionament (Rothschild, 2012). També, altres autors com Hsu [et al.] (2012) i Jenkins [et al.] (2011) citats a Perkins [et al.] (2014) reforcen aquesta idea i afegeixen que millora l'eficiència i el rendiment però, tot i els estudis que s'han realitzat fins el moment, no hi ha conclusions definitives sobre els riscos i beneficis que comporta utilitzar calçat minimalista o no utilitzar cap tipus de calçat (Perkins [et al.], 2014).

També, Jenkins [et al.] (2011) citats a Perkins [et al.] (2014) creuen que el desenvolupament del calçat minimalista modern ha estat per la imitació que en fa de la pràctica de córrer descalç a la vegada que ofereix una mínima protecció; concepte totalment oposat a la opinió de Bonacci [et al.] (2013), córrer descalç és diferent que córrer amb calçat minimalista o amb calçat que pesi poc, ja que es troben diferències considerables en la llargada de la gambada, en el número de passes per minut, entre altres.

Com s'ha dit anteriorment, fa pocs anys que s'ha sentit a parlar del calçat minimalista modern però, no es saben exactament quins són els seus orígens. Angulo-Borroso [et al.] (2014), destaquen les dades més significatives de la història d'aquest tipus de calçat – *veure taula 2*–.

1999. Tony Post, CEO de Vibram, rep la proposta de Robert fliiri sobre unes sabatilles amb 5 dits i gairebé sense sola, amb tan sols una fina capa de goma adherent.

2004. Bramble i Liemberman publiquen el primer article científic a Nature que obre el debat sobre el natural running. L'article tracta de com els primers éssers humans utilitzaven el córrer com una estratègia per sobreviure.

2005. Les Vibram Five Fingers són comercialitzades i generen uns beneficis notables a l'empresa.

2007. Bramble i Lieberman treballen en un article sobre la caça per persistència, hipòtesis que descriu com els homes prehistòrics eren probablement excel·lents corredors de fons i aconseguen el menjar seguint la presa fina que moria exhausta.

2009. Christopher McDougall publica el best-seller sobre el tema (vegeu una mica de bibliografia, 4) i punt d'inflexió en el minimalisme actual.

2012. Doud i Lieberman publiquen la primera evidència científica sobre el minimalisme i les lesions: habitualment els corredors que impacten amb el taló tenen una probabilitat significativament més alta de lesionar-se que els que impacten amb el metatars.

**Taula 2:** Història calçat minimalista  
**Font:** Angulo-Borroso [et al.], 2014:36

Entre la multitud de marques de calçat minimalista que existeixen, les *Vibram FiveFingers* són el referent dins aquest món, les quals suposen una imitació de córrer



**Imatge 2:** Calçat minimalista *Vibram FiveFingers*  
**Font** pròpia

descalç mentre proporcionen una capa de protecció sense preocupar-se per les ferides punxants, talls i contusions que pot patir la planta del peu en córrer sense cap tipus de calçat (Squadrone i Gallozzi, 2009). La característica principal d'aquesta marca de calçat minimalista és la forma de davant, té la forma dels 5 dits separats.

Hi ha autors com Lieberman [et al.] (2010) citats a Perkins [et al.] (2014), que a més de diferenciar les zones del peu que es pot realitzar el contacte relacionen el tipus de contacte de la trepitjada amb el tipus de calçat esportiu que s'utilitza; els corredors típics que practiquen el *running* realitzen el contacte amb el taló mentre que, els corredors que fan la pràctica descalços, sense utilitzar cap tipus de calçat, tendeixen a



realitzar la petjada amb la part mitja o davantera del peu per tal d'absorbir la col·lisió de les forces i evitar excessiva pressió al taló.

Aquestes relacions entre el tipus de calçat i el contacte amb el terra són possibles ja que hi ha elements del calçat que alteren la biomecànica de l'exercici, aquests són els materials (densitats), entresola (flexibilitat i gruixudària), sola (gruixudària, material i disseny, el tipus de subjecció i la manera de cordar el calçat i, la curvatura posterior (orientació) (Fernández i Gijón-Nogueron, 2014).

### **2.3.3 Estudis que analitzen els efectes del calçat amb la tècnica de carrera fins a l'actualitat**

Actualment, hi ha pocs estudis que analitzen la carrera d'un atleta utilitzant diferents tipus de calçat, un calçat estàndard, un calçat minimalista o descalç. Alguns fan comparacions cinemàtiques i cinètiques entre un calçat estàndard i el calçat minimalista com l'estudi de Willy i Davis (2014), altres comparen la carrera d'un atleta que córrer descalç, amb calçat minimalista i amb calçat estàndard com el de Bonnacci [et al.] (2013) i el de McCallion [et al.] (2014) i finalment, un altre estudi que compara la carrera de córrer descalç amb la que s'utilitza calçat minimalista i amb la tècnica que s'adopta quan es córrer amb calçat estàndard com l'estudi de Squadrone i Gallozzi (2009).

El primer estudi que es fa referència és el de Willy i Davis (2014), el qual comparen la tècnica de carrera amb calçat estàndard i amb calçat minimalista. Es plantegen dos objectius, el primer és determinar si es redueixen les forces contra el terra i si s'altera la cinemàtica utilitzant el calçat minimalista contra el calçat estàndard, el segon objectiu és determinar si el subjecte novell en calçat minimalista té el suficient temps per adaptar-se amb aquest tipus de calçat durant les sessions de l'estudi.

En l'estudi s'analitzen 14 corredors que mai han treballat amb calçat minimalista. Corren sobre una cinta mecànica a  $3.35 \text{ m/s}^{-1}$  durant 10 minuts i s'analitzen els paràmetres cinemàtics en el primer minut i en l'últim.

Comparant les dues maneres de córrer en funció del calçat que s'utilitza, no hi ha canvis en la llargada de la passa ni en el número de passes per minut però, si s'ha vist canvis pel que fa a la flexió del genoll i en l'angle de la flexió del turmell.

	Minute 1		Minute 10	
	Standard Shoes	Minimalist Shoes	Standard Shoes	Minimalist Shoes
Vertical impact peak (body weight)	1.44 ± 0.22	1.56 ± 0.27	1.56 ± 0.26	1.64 ± 0.33
Average vertical loading rate (body weights per second)	52.7 ± 13.2	85.4 ± 24.6	62.9 ± 19.7	96.1 ± 28.7
Dorsiflexion at foot strike (°)	5.9 ± 3.4	8.6 ± 2.6	3.3 ± 5.2	6.8 ± 2.4
Foot inclination at foot strike (°)	14.2 ± 5.0	14.1 ± 3.4	12.7 ± 3.0	10.3 ± 6.6
Knee angle at foot strike (°)	-14.5 ± 4.7	-16.9 ± 3.7	-16.4 ± 4.0	-18.2 ± 3.3
Stride length (m)	1.99 ± 0.084	1.97 ± 0.079	1.99 ± 0.10	1.97 ± 0.11
Step rate (steps per minute)	169.8 ± 9.8	169.7 ± 10.4	168.0 ± 10.5	168.2 ± 13.0

Values are mean ± SD. A more negative knee angle corresponds with a more flexed knee.

**Taula 3:** Resultats de l'estudi

Font: Willy i Davis, 2014:321

Analitzant els resultats de manera detallada conclouen que, en la carrera utilitzant calçat minimalista apareix, a curt termini, un increment de la càrrega en les extremitats inferiors, per tant, cal tenir en compte que durant la fase d'adaptació a aquest calçat pot augmentar el risc de lesió; augmentar el dolor en la part anterior del genoll, la zona del fèmur que està en contacte amb la ròtula, la fascitis plantar i les fractures per estrès en la tibia.

Un altre estudi a tenir en compte en el món del calçat esportiu és el de Bonnacci [et al.] (2013) que té per objectiu determinar els canvis mecànics de corredors amb alt nivell d'entrenament utilitzant calçat minimalista i en córrer descalç, a més, com a suport de l'estudi també s'analitza el moviment amb altre tipus de calçat. Analitzen la carrera amb 22 participants, 14 nois i 8 noies, els quals han de corre per una pista sintètica dins els laboratoris de biomecànica de l'Institut d'esport d' Austràlia que, amb l'ajuda de tecnologia avançada analitzen els diferents paràmetres i n'extreuen els resultats.

*	Barefoot	Minimalist	Racing flat	Regular
Stride length (m)	2.94 (0.29)	3.00 (0.29)*	3.01 (0.30)*	3.04 (0.30)*,***
Stride frequency (steps/min)	187.74 (9.49)	183.90 (7.8)*	183.90 (8.6)*	181.30 (8.1)*,***
Joint angle (degree)				
Peak stance knee flex	48.57 (3.4)	50.67 (3.7)*	50.67 (3.8)*	50.97 (3.6)*
Ankle contact angle	0.78 (8.4)	4.52 (8.1)*	4.25 (8.5)*	5.31 (8.4)*
Peak stance ankle dorsiflex	24.94 (2.6)	26.09 (3.1)	26.33 (2.9)*	27.51 (2.7)*
Ankle plantarflex toe-off	-10.91 (9.6)	-6.01 (8.4)*	-4.77 (9.5)*	-5.09 (9.3)*
Peak stance ankle add	-9.70 (2.5)	-9.37 (2.8)	-11.03 (3.3)*,***	-12.55 (3.0)*,***
Joint moment (Nm/kg/m)				
Knee ext	1.72 (0.2)	1.92 (0.2)*	1.87 (0.2)*	1.91 (0.2)*
Knee abd	0.71 (0.2)	0.80 (0.2)*	0.77 (0.2)*	0.81 (0.2)*
Ankle plantarflex	1.85 (0.2)	1.74 (0.2)*	1.69 (0.2)*	1.72 (0.3)*
Ankle inversion	0.41 (0.2)	0.35 (0.2)*	0.33 (0.2)*	0.34 (0.2)
Ankle intenal rot	-0.13 (0.1)	-0.10 (0.1)	-0.07 (0.03)*,***	-0.05 (0.03)*,***
Joint power (W/kg)				
Knee power generation	10.10 (2.5)	11.20 (3.0)*	11.03 (2.9)*	11.13 (3.2)
Ankle power generation	19.70 (3.6)	17.03 (3.1)*	16.63 (3.4)*	16.98 (3.1)*
Ankle power absorption	-12.18 (3.6)	-10.96 (3.0)*	-11.18 (2.8)*	-11.75 (3.4)
Joint work (J/kg)				
Knee negative work	-0.63 (0.1)	-0.75 (0.2)*	-0.75 (0.2)*	-0.78 (0.2)*
Ankle positive work	1.04 (0.2)	0.87 (0.1)*	0.84 (0.2)*,***	0.84 (0.2)*

\*diferència significativa a descalç

\*\*diferència significativa a calçat minimalista

**Taula 4:** Resultats de l'estudi  
Font: Bonnacci [et al.], 2013:389-390

La principal conclusió de l'estudi és que córrer descalç és diferent a totes les condicions de calçat, sobretot en el treball de les articulacions de genoll i turmell, ja que hi ha una major flexió del genoll quan l'individu córrer descalç i una major flexió plantar en l'articulació del turmell.

El següent estudi de Squadrone i Gallozzi (2009) es plantegen dos objectius, un és estudiar els canvis en la tècnica de carrera en funció de les condicions del calçat que s'utilitza i, el segon objectiu és determinar si les *Vibram FiveFingers* poden imitar la mateixa experiència que en el *running* descalç. Per això analitzen 8 corredors masculins que tenen una gran experiència en córrer descalços.

Variables	Barefoot (mean±SD)	Vibram fivefingers (mean±SD)	Running shoes (mean±SD)
Stride length (m)	2.19±0.2	2.29±0.16*	2.34±0.15*
Stride frequency (stride/min)	91.2±0.9	88.3±0.9*	86.0±1.1*
Step time (s)	0.327±0.002	0.343±0.002*	0.350±0.003*
Contact time (s)	0.245±0.002	0.242±0.002	0.255±0.002†
Flight time (s)	0.082±0.002	0.101±0.003*	0.096±0.003*
CP line length (mm)	133±6.4	150.3±3.8*	160.3±9*
Strike index (%)	58±6	56±5	40±6* †
Amplitude of the impact peak vertical force (BW)	1.62±0.4	1.59±0.5	1.72±0.4* †
Amplitude of the thrust peak vertical force (BW)	2.43±0.5	2.49±0.5	2.46±0.6
VO <sub>2</sub> (mL kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	45.7±2	45±2	46.3±2†
Heart rate (bpm)	132±6	129±4	130±5
Knee angle -15 ms before touchdown (deg)	155±4	156±3	159±4
Ankle angle -15 ms before touchdown (deg)	94±5	93±4	87±5* †
Foot angle -15 ms before touchdown (deg)	3±4	4±4	12±4* †
Knee range of motion during the support phase (deg)	25±4	24±5	27±4
Ankle range of motion during the support phase (deg)	29±3	28±4	21±3* †

CP: center of pressure; BW: body weight. \*Significantly different from barefoot condition; P<0.05. †Significantly different from vibram fivefingers; P<0.05.

**Taula 5:** Resultats de l'estudi  
Font: Squadrone i Gallozzi, 2009:9

El contrari que en l'estudi anterior de Bonnacci [et al.] (2013), aquests autors afirmen que les *Vibram FiveFingers* semblen ser una bona imitació a córrer descalç mentre proporcionen una petita capa de protecció.

Finalment, un últim estudi referent és el de McCallion [et al.] (2013) que compara diferents paràmetres en individus masculins amb experiència, quan corren descalços, amb calçat minimalista i finalment amb calçat estàndard. Aquests, són analitzats sobre una cinta mecànica a dues velocitats diferents per a cada tipus de calçat. Hi ha paràmetres que varien en funció de les velocitats que adopten tot i no veure canvis en el patró de la trepitjada com alguns autors (Lieberman [et al.], 2010 citats a Perkins [et al.], 2014) que afirmen el contrari.

Revisats aquests estudis es destaquen diverses contrarietats entre els autors i, per tant, cal seguir realitzant estudis per determinar, d'aquí uns anys, les clares diferències que pot haver entre córrer descalç, utilitzar calçat minimalista o utilitzar un calçat estàndard i identificar els riscos i beneficis que cada un d'ells comporta a l'individu.

Fins ara s'ha revista la biomecànica del corredor en relació al calçat, a continuació es relaciona amb les lesions, per això cal tenir en compte un estudi sobre els principals factors de riscos de Tirotti [et al.] (2014).

Aquests autors Tirotti [et al.] (2014) destaquen els factors de risc associats amb les lesions de la pràctica del *running*, les quals es produeixen per diferents factors, errors d'entrenament, el volum d'aquests, la distància, la qual realitzar més de 64 km per setmana és perjudicial, i l'experiència en la pràctica, i característiques personals dels individus, ja siguin factors anatòmics o biomecànics, els quals cal recordar els estudis anteriors que relacionen el tipus de calçat amb els patrons biomecànics de l'individu. També, ressalten les causes d'una lesió com la repetició d'accions que produeix una sobrecàrrega en els sistema musculoesquelètic o per una mala recuperació de les lesions anteriors.

Les lesions més comunes en els corredors són en les extremitats inferiors, sobretot les lesions per estrès i d'altres com la fascitis plantar, tendinitis en el tendó d'aquiles i dolor a la part anterior del genoll. A més, afegeixen uns factors de risc anatòmics com l'hiperpronació, els moviments articulars del peu (varo-valgo), l'altura de l'arc del peu, el rang de moviment del turmell, l'alineació del genoll, entre altres (Carreño i Carcuro, 2012).

Tenir presents totes les idees aportades fins al moment per tots els autors en els diferents estudis és de gran rellevància, per escollir el tipus de calçat més adient i reduir les lesions, tenint en compte les característiques pròpies de l'individu i les necessitats dins la pràctica del *running*.

### 3. Justificació, preguntes d'investigació, objectius i hipòtesis

Un cop revisada l'evidència científica, des dels inicis de l'activitat física fins al calçat esportiu i els seus efectes sobre la biomecànica dels corredors amateurs, cal centrar l'atenció en el que afirma Fernández i Gijón-Nogueron (2014:105), "hi ha elements del calçat que poden modificar-se alterant la biomecànica de l'exercici, i són els materials (densitats), entresola (flexibilitat, grossor), sola (grossor, material i disseny), la forma de cordar-se el calçat (patró i tipus de subjecció) i la curvatura posterior (orientació)". Com bé es reflecteix, aquests autors relacionen les característiques del calçat esportiu amb la biomecànica de l'esportista, especialment en el calçat del *running*, és a dir, depenent de les característiques que tingui un tipus de calçat, l'esportista adoptarà una tècnica de carrera específica.

Per aquests motius, cal tenir en compte i remarcar algunes de les dades que aporten els diferents estudis, centrats en els efectes del calçat esportiu en relació a la tècnica de carrera que són rellevants pel present estudi.

De l'estudi de Willy i Davis (2014) cal centrar l'atenció en la mitjana de nombre de passes durant l'últim minut de la gravació (minut 9-10), en individus nous amb calçat minimalista *Nike Free 3.0*. Pel que fa a l'estudi de Bonacci [et al]. (2013) és important tenir en compte els resultats que fan referència a les diferents variables com el nombre de passes per minut, l'angle de flexió del genoll i de la flexió dorsal del turmell en el moment que la planta del peu contacta amb al terra quan els individus utilitzen calçat minimalista *Nike Free 3.0* i quan utilitzen calçat estàndard. Aquestes mateixes variables són analitzades per Squadrone i Gallozi (2009) en el seu estudi però utilitzant el calçat minimalista *FiveFingers* i el calçat estàndard, per tant cal tenir-les presents ja que en el present estudi s'utilitza la mateixa marca del calçat minimalista.

Totes aquestes dades extretes dels diferents estudis són comparables amb els resultats de la present investigació però, no s'ha trobat estudis similars a aquest, per tant, el motiu del meu treball és determinar les diferències de la tècnica de carrera en corredors amateurs experimentats i nous amb calçat minimalista *fivefingers* i les diferències biomecàniques intraindividuals i interindividuais, utilitzant calçat minimalista i calçat estàndard.

Per tant, les preguntes d'investigació són les següents:

- Els corredors, no competitius, durant el seu temps lliure que utilitzen calçat minimalista obtenen més angles de flexió en l'articulació coxofemoral, del genoll i del turmell que els corredors que utilitzen calçat estàndard?
- Es modifica la posició de les palanques ósses del tren inferior depenent del tipus de calçat que s'utilitza, estàndard o minimalista?

Per donar resposta a aquestes preguntes cal plantejar uns objectius que determinaran el camí a seguir per arribar al final de l'estudi proposat. Els objectius són els següents.

1. Analitzar i comparar la tècnica de carrera que s'adopta utilitzant el calçat minimalista i el calçat estàndard
  - 1.1 Comparar els angles de flexió de l'articulació coxofemoral, del genoll i del turmell en el pla sagital de la tècnica de carrera amb calçat minimalista i calçat estàndard en el primer contacte de la fase d'amortiguació
  - 1.2 Identificar els moviments articulars de les extremitats inferiors en el pla frontal amb el diferent tipus de calçat en el primer contacte de la fase d'amortiguació
  - 1.3 Comparar la cadència (freqüència de passes per minut) del participant amb calçat minimalista i calçat estàndard

Arribats aquest punt i tenint en compte les referències detallades al marc teòric a més dels objectius determinats, es fan les següents hipòtesis que, al llarg de l'investigació s'afirmaran i es complementaran o, pel contrari, es refusaran.

- Un individu adopta una millor tècnica de carrera quan utilitza un calçat minimalista, sense càmera d'aire, ja que l'impacte del terra és amb la zona del metatars i no amb el taló, i d'aquesta manera es porta una carrera més fluïda; per tant utilitzant calçat minimalista els angles de flexió de les articulacions són majors.
- Sí es modifiquen els moviments articulars de les extremitats inferiors depenent del tipus de calçat que s'utilitza en la carrera

Un cop es té clar què es vol estudiar en la present investigació, només cal determinar el procediment a seguir, és a dir, com es farà per respondre les preguntes d'investigació, estudiar els objectius establerts i afirmar o refusar les hipòtesis inicials.

## 4.Mètode

### 4.1. Participants

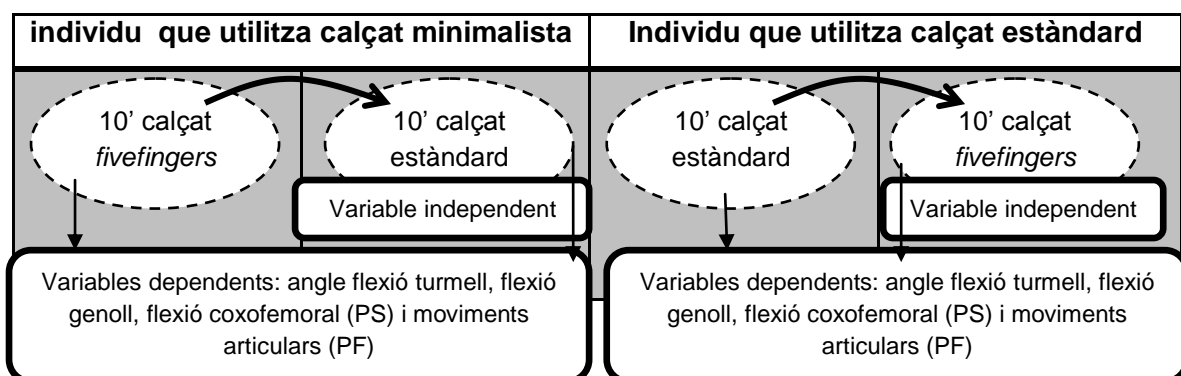
La mostra de l'estudi està formada per 4 nois corredors amateurs, 2 corredors experimentats amb calçat minimalista *fivefinger* (individu 1 i 2) i 2 novells amb aquest tipus de calçat (individu 3 i 4), els quals no han estat escollits aleatòriament i participen de manera voluntària. L'edat dels individus oscil·la entre 22 i 24 anys, alçada entre 174 i 179 cm i la massa corporal entre 66 i 74 kg.

En referència als criteris d'inclusió, el calçat minimalista ha de ser marca *fivefingers*, un corredor experimentat amb calçat minimalista i un corredor novell amb aquest tipus de calçat ha de calçar al mateix número de peu i tots ells, practicar *running* dos dies a la setmana, com a mínim.

### 4.2. Variables

En el present estudi es determinen diferents variables, la variable independent que és el tipus de calçat, calçat estàndard i calçat minimalista *fivefingers* i les variables dependents, l'angle de flexió del turmell, l'angle de flexió del genoll, l'angle de flexió de l'articulació coxofemoral pel que fa al pla sagital (PS) i, els moviments articulars, geno varo i geno valgo, de les extremitats inferiors en el pla frontal (PF).

Cada individu de la mostra se l'ha gravat corrents sobre una cinta durant 20 minuts. Cada participant córrer durant 10 minuts sobre la cinta amb el calçat que habitualment utilitza; després, es modifica el tipus de calçat per un que habitualment no utilitza i l'individu corre durant 10 minuts més. D'aquesta manera es pot analitzar i comparar la tècnica de carrera segons el tipus de calçat i, també, analitzar les principals diferències entre els individus experimentats i novells amb el calçat minimalista.



Taula 6: Metodologia a seguir per a cada individu  
Font: Elaboració pròpia

### 4.3. Instruments

El material que s'utilitza en aquest estudi és una cinta mecànica marca *Technogym run 600 xtpro*, dues càmeres *SONY HDR-CX260*, cadascuna amb el seu trípode que serveixen per obtenir la gravació de la cursa dels diferents participants, i un programa d'edició i anàlisi de vídeos –*kinovea versió 0.7.10*- que ajudarà a analitzar detalladament els angles i els moviments articulars en el primer contacte de la fase d'amortiguació de la carrera dels esportistes. Pel que fa a les estadístiques de cada variable s'utilitza un programa estadístic –*SPSS Statistics versió 21*- el qual es determinen les mínimes i màximes, la mitjana, la desviació estàndard i les diferències significatives de cada variable dependent i de cada individu amb el diferent tipus de calçat.

A més, s'ha realitzat una enquesta amb preguntes obertes als participants –*veure annex 1*-, tant els corredors amb calçat estàndard com els que utilitzen calçat *fivefingers* per tal d'obtenir informació descriptiva dels participants en relació a la seva pràctica i ús del material esportiu (tipus de calçat i la influència que té sobre la tècnica de carrera).

### 4.4. Disseny i procediment

El present estudi és quasi experimental, l'investigador manipula intencionadament les variables independents per comprovar els efectes sobre les variables dependents i, es caracteritza per treballar amb grups formats de manera natural i no de manera aleatòria. La metodologia que s'utilitza és observacional utilitzant gravacions en vídeo per a la recollida d'informació (García i Martínez, 2012).

El procés a seguir ha estat llarg ja que la primera dificultat era buscar els participants que compleixin les condicions de l'estudi. Inicialment, es va fer una recerca de nois que utilitzen calçat minimalista a través de les xarxes socials, les quals no va donar èxit. Més tard, fent ressò del present estudi i establint converses amb persones properes van sorgir possibles participants. Hi havia 5 nois disposats a participar en la investigació però, a partir d'aquí es va fer una selecció per tal d'entrar dins els criteris d'inclusió. D'aquests 5, van quedar 3 participants, els quals tots ells utilitzen el mateix tipus de calçat minimalista, anomenat *fivefingers* i practiquen *running* dos dies a la setmana com a mínim. Tot i això, finalment van quedar 2 nois corredors amb *fivefingers* per a participar en l'estudi degut a una baixa per motius personals, a última hora, que va fer impossible la seva participació. Cada un d'aquests participants havia



de buscar un company que faci el mateix número de peu, que mai hagués utilitzat calçat minimalista per la pràctica del *running* i que practiqui aquesta pràctica esportiva com a mínim 2 dies per setmana.

A la vegada que es buscaven participants per a l'estudi, també es va demanar permís a un gimnàs per accedir a les seves instal·lacions, sobretot la sala on es troba la cinta mecànica per córrer i poder gravar els esportistes, sempre, tots ells, en les mateixes condicions, en el mateix escenari per tal de no alterar els resultats.

Abans de la gravació es va establir el contacte amb els 4 participants, agrupats de dos en dos en relació al mateix número de peu, per tal de buscar un dia i una hora que els anés bé per realitzar les gravacions. A la vegada es realitza el contacte amb el gimnàs per sol·licitar el permís i, si les tres parts implicades, participants, director del gimnàs i investigadora estaven d'acord es tirava endavant fins al dia de les gravacions.

Cada participant ha de córrer sobre una cinta mecànica. El procediment consta de 2 sèries de 10 minuts cada una a 8 km/h. La primera sèrie, l'atleta córrer utilitzant el seu calçat habitual (calçat estàndard o calçat minimalista *fivefingers*) i, en la segona sèrie, es canvia la variable independent, el tipus de calçat, aquesta vegada amb el calçat no habitual (calçat que no ha utilitzat mai o durant els últims 6 mesos).

Mentre el participant corre està gravat per dues càmeres, una en el pla frontal i l'altra en el pla sagital. La càmera que grava el pla frontal es troba a 74 cm de distància des de la base de la cinta mecànica, i la càmera en el pla sagital (costat dret de l'esportista) es troba a 2 metres de la base. Les dues càmeres estan a l'alçada dels genolls de l'esportista, d'aquesta manera les dades són comparables a tots els participants.

## 4.5. Anàlisi de dades

Un cop obtingudes les gravacions, s'analitzen diferents angles i moviments articulars del tren inferior a través del programa *kinovea versió 0.7.10*, específicament s'analitzen les següents variables dependents:

- Angles de les articulacions en el pla sagital amb calçat minimalista *fivefingers*
  - o Angle de flexió del turmell en el primer contacte de la fase d'amortiguació de l'extremitat dreta
  - o Angle de flexió del genoll en el primer contacte de la fase d'amortiguació de l'extremitat dreta

- Angle de flexió de l'articulació coxofemoral en el primer contacte de la fase d'amortiguació de l'extremitat dreta
- Moviments articulars del tren inferior en el pla frontal amb calçat minimalista *fivefingers* en el primer contacte de la fase d'amortiguació de l'extremitat dreta
- Angles de les articulacions en el pla sagital amb calçat estàndard
  - Angle de flexió del turmell en el primer contacte de la fase d'amortiguació de l'extremitat dreta
  - Angle de flexió del genoll en el primer contacte de la fase d'amortiguació de l'extremitat dreta
  - Angle de flexió de l'articulació coxofemoral en el primer contacte de la fase d'amortiguació de l'extremitat dreta
- Moviments articulars del tren inferior en el pla frontal amb calçat estàndard en el primer contacte de la fase d'amortiguació de l'extremitat dreta

Per mesurar els angles i els moviments articulars cal detectar els centres articulars. En referència als angles en el pla sagital; per mesurar l'angle de turmell es tracen dues línies rectes, una des del mal·lèol extern del turmell fins als dits del peu i l'altre, des del mal·lèol fins al genoll, a l'alçada del centre de la ròtula. Per mesurar l'angle del genoll, es segueix el mateix procés, es marca una línia des del genoll, a l'alçada del centre de la ròtula fins al maluc i l'altre, des del mateix origen fins al mal·lèol extern. En el cas de l'articulació coxofemoral, s'originen les dues rectes en aquest punt, el maluc i, una fins a l'articulació del genoll i l'altra fins a l'espatlla. Per altra banda, per mesurar els moviments articulars en el pla frontal, cal traçar, també, dues rectes, una del maluc fins al centre de la ròtula i, l'altre, des de la ròtula al centre de l'articulació del turmell.

Totes aquestes variables s'analitzen durant els últims 30 segons de les gravacions ja que, els individus no estan fatigats i en els minuts anteriors han pogut adaptar-se al ritme de carrera i al calçat que utilitzen. D'aquesta manera s'intenta aproximar al màxim a les dades reals durant una carrera a l'aire lliure.

A més d'aquestes variables, també es calcula la cadència (freqüència de passos per minut) que realitza cada individu durant l'últim minut i es compara de forma intraindividual amb diferent tipus de calçat.

Les dades extretes durant aquests 30 segons s'han introduït al programa informàtic d'estadística –*SPSS Statistics versió 21* - per tal d'obtenir les mínimes i màximes, la mitjana, la desviació estàndard i la diferència significativa de cada variable dependent i de cada individu amb el diferent tipus de calçat.

## 5.Resultats

### **Angle de flexió de turmell, genoll, maluc i moviments articulars amb el calçat minimalista *fivefingers***

En el pla sagital, en els 4 individus la mitjana de l'angle de flexió del turmell es troba per sobre dels 75°, exactament en l'individu 1 és de 94.44° (SD=4.637), individu 2 és de 83.88° (SD=4.027), individu 3 és de 90.10° (SD=2.499) i en l'individu 4 és de 75.79° (SD=3.610). La mitjana de l'angle de flexió del genoll és de 154.63° (SD=5.214) en l'individu 1, 171.13° (SD=2.738) en l'individu 2, en l'individu 3 és de 160.85° (SD=3.620) i de 169.53° (SD=2.480) en l'individu 4. En referència a la mitjana de l'angle de flexió de l'articulació coxofemoral és de 159.66° (SD=2.526), 162.13° (SD=2.028), 161.65° (SD=2.095) i 156.63° (SD=2.318) respectivament.

Mitjançant els resultats individuals, es calcula la mitjana total de cada articulació; l'angle de flexió del turmell és de 86.30° (SD=7.891), l'angle de flexió del genoll és de 163.91° (SD=7.673) i 160.06° (SD=3.092) en la flexió de l'articulació coxofemoral.

En relació al pla frontal, els angles dels moviments articulars (geno varo) de l'extremitat inferior dreta i l'extremitat inferior esquerra són superiors a 170°. L'individu 1 presenta 175.51° (SD=0.978) i 177.29° (SD=1.569) en les extremitats inferiors, respectivament, 177.75° (SD=1.104) i 178°08 (SD=2.005) són els angles dels moviments articulars de l'individu 2, en l'individu 3 aquestes dades són 177.90° (SD=1.150) en l'extremitat dreta i 174.03° (SD=1.874) en l'extremitat esquerra i en l'individu 4 són 178.21° (SD=1.044) i 172.58° (SD=2.478) respectivament.

La mitjana total dels moviments articulars són 177.32° (SD=1.515) en l'extremitat inferior dreta i 174.53° (SD=2.633) en l'esquerra.

La freqüència de passes de cada individu amb aquest tipus de calçat és de 168 passes en l'individu 1, 161 passes en l'individu 2, 163 passes en l'individu 3 i 151 passes en l'individu 4. La mitjana dels 4 individus és de 160.75 passes.

## **Angle de flexió del turmell, genoll, maluc i moviments articulars amb el calçat estàndard**

En el pla sagital, la mitjana de la flexió del turmell en l'individu 1 és  $77.40^\circ$  (SD=5.203), en l'individu 2 és de  $85.71^\circ$  (SD=2.078),  $80.68^\circ$  (SD=3.100) en l'individu 3 i en l'individu 4 és de  $76.73^\circ$  (SD=3.209). Pel que fa a la mitjana de la flexió del genoll és de  $167.60^\circ$  (SD=3.045) en l'individu 1,  $168.92^\circ$  (SD=3.537) en l'individu 2,  $163.38^\circ$  (SD=3.036) en l'individu 3 i  $168.38^\circ$  (SD=3.320) en l'individu 4. En referència a la mitjana de l'angle de flexió de l'articulació coxofemoral és de  $159.28^\circ$  (SD=1.974),  $162.82^\circ$  (SD=1.843),  $162.95^\circ$  (SD=2.148) i  $155.84^\circ$  (SD=2.339) respectivament.

Les mitjanes totals de cada articulació són  $80.12^\circ$  (SD=5.020) en la flexió del turmell,  $167.02^\circ$  (SD=3.890) en la flexió de genoll i  $160.27^\circ$  (SD=3.563) en l'articulació coxofemoral.

En relació al pla frontal, els moviments articulars (geno varo) de les extremitats inferiors, dreta i esquerra, són similars els que quan s'utilitza calçat minimalista *fivefingers*; en l'individu 1 la mitjana de l'angle és  $176.08^\circ$  (SD=0.859) en l'extremitat dreta i  $177.58^\circ$  (SD=1.534) en l'extremitat esquerra, en l'individu 2 són  $178.32^\circ$  (SD=0.873) i  $171.97^\circ$  (SD=1.952) respectivament,  $176.83^\circ$  (SD=1.107) en l'extremitat dreta i  $175.13^\circ$  (SD=1.652) en l'extremitat esquerra de l'individu 3 i, en l'individu 4 són  $178.59^\circ$  (SD=0.725) i  $176.30^\circ$  (SD=1.244) en l'extremitat dreta i esquerra respectivament.

La mitjana total dels 4 participants en els moviments articulars és de  $177.42^\circ$  (SD=1.376) en l'extremitat inferior dreta i en l'extremitat inferior esquerra la mitjana és de  $175.26^\circ$  (SD=2.643).

La freqüència de passes per minut amb aquest tipus de calçat és de 160 passes en l'individu 1, 156 passes en l'individu 2, en l'individu 3 són 161 passes i, 149 passes en l'individu 4. La mitjana dels 4 individus és de 156.5 passes.

Aquests resultats juntament amb la mínima i la màxima de cada variable i per cada individu es mostren a la *taula 7*. A més, es poden trobar els resultats de manera més detallada a l'*annex 2*.

## Comparativa dels angles amb calçat minimalista *fivefingers* i estàndard

### Diferències intraindividuals

S'ha realitzat la prova *T-Student* i s'ha vist que en tots els 4 individus hi ha diferències significatives en algunes de les variables.

Concretament, en l'individu 1 s'ha vist que hi ha diferència significativa en la flexió de turmell de  $17.275^\circ$  (SD=6.405) ( $p<0.01$ ), en la flexió de genoll de  $12.900^\circ$  (SD=6.105) ( $p<0.01$ ), i en el moviment articular (geno varo) de l'extremitat dreta de  $0.550^\circ$  (SD=1.176) ( $p=0.005$ ). Pel contrari, no hi ha diferència significativa en la flexió de maluc,  $0.250^\circ$  (SD=3.111) ( $p=0.614$ ) i en el moviment articular (geno varo) de l'extremitat esquerra,  $0.300^\circ$  (SD=2.472) ( $p=0.447$ ).

En l'individu 2 hi ha diferència significativa en la flexió de turmell de  $1.632^\circ$  (SD=3.907) ( $p=0.014$ ), en la flexió de genoll de  $2.132^\circ$  (SD=4.237) ( $p=0.004$ ), en el moviment articular (geno varo) de l'extremitat dreta de  $0.605^\circ$  (SD=1.534) ( $p=0.020$ ) i en el moviment articular (geno varo) de l'extremitat esquerra de  $2.000^\circ$  (SD=2.932) ( $p<0.01$ ). En canvi, no hi ha diferència significativa en la flexió de maluc,  $0.605^\circ$  (SD=2.636) ( $p=0.165$ ).

En relació a l'individu 3, s'ha vist diferència significativa en totes les variables dependents; en la flexió de turmell de  $9.425^\circ$  (SD=3.789) ( $p<0.01$ ), en la flexió de genoll de  $2.525^\circ$  (SD=5.364) ( $p=0.005$ ), en la flexió de l'articulació coxofemoral de  $1.300^\circ$  (SD=2.700) ( $p=0.004$ ), en el moviment articular (geno varo) de l'extremitat dreta de  $1.075^\circ$  (SD=1.789) ( $p<0.01$ ) i en el moviment articular (geno varo) de l'extremitat esquerra de  $1.100^\circ$  (SD=2.560) ( $p=0.010$ ).

En l'individu 4 hi ha diferència significativa, només, en el moviment articular (geno varo) de l'extremitat esquerra de  $3.649^\circ$  (SD=2.658) ( $p<0.01$ ). Pel contrari, no hi ha diferència significativa en la flexió de turmell amb  $0.784^\circ$  (SD=4.164) ( $p=0.260$ ), en la flexió del genoll amb  $1.135^\circ$  (SD=4.036) ( $p=0.096$ ), en la flexió del maluc amb  $0.946^\circ$  (SD=2.953) ( $p=0.059$ ) i en el moviment articular (geno varo) de l'extremitat dreta amb  $0.378^\circ$  (SD=1.233) ( $p=0.070$ ).

Aquests resultats es mostren en la *taula 8* de manera més detallada, és a dir, indicant en quin tipus de calçat la flexió de l'articulació o del moviment articular és major.

## Diferències interindividuals

S'ha realitzat la prova *T-Student* i s'ha vist diferències significatives en 3 de les 5 variables analitzades en relació a la mitjana total de cada una d'aquestes entre els individus quan utilitzen calçat minimalista *fivefingers* i quan utilitzen calçat estàndard.

Concretament hi ha diferència significativa en la flexió de turmell que correspon a  $6.529^\circ$  (SD=9.126) ( $p<0.01$ ), en la flexió del genoll que és de  $3.290^\circ$  (SD=7.779) ( $p<0.01$ ) i en el moviment articular de l'extremitat inferior esquerra que és de  $0.735^\circ$  (SD=3.177) ( $p=0.005$ ). Pel contrari, no hi ha diferència significativa en la flexió de l'articulació coxofemoral amb  $0.058^\circ$  (SD=3.157) ( $p=0.819$ ) i en el moviment articular de l'extremitat inferior dreta amb  $0.129^\circ$  (SD=1.615) ( $p=0.321$ ).

Aquests resultats es mostren en la *taula 9* de manera més detallada, és a dir, indicant en quin tipus de calçat la flexió de l'articulació o del moviment articular és major.

## Percepció dels participants envers la tècnica de carrera i el calçat esportiu

A més dels resultats extrets del programa informàtic, s'han obtingut informacions a través de les enquestes amb preguntes obertes que han contestat els 4 individus del present estudi –*veure annex 1*- el qual tots ells coincideixen en què el tipus de calçat modifica la biomecànica o tècnica de carrera de l'individu.

L'individu 1 i 2, individus que utilitzen habitualment calçat minimalista *fivefingers*, potencien l'ús d'aquest per tal d'evitar lesions recidivants que ells mateixos havien patit, lesions en l'articulació del turmell, sobretot esquinços. Per altra banda, destaquen la importància del període d'adaptació amb aquest tipus de calçat ja que, el seu ús és molt tècnic. Pel que fa els individus 3 i 4, utilitzen el calçat estàndard per comoditat i, també, per evitar molèsties a la planta del peu i al flexor del dit gran d'aquest, respectivament.

Tots 4 individus coincideixen en què el tipus de calçat modifica la biomecànica o tècnica de carrera de l'individu i que influeix en l'aparició o prevenció de lesions, en les enquestes amb preguntes obertes – *veure annex 1*- es pot trobar les experiències personals en relació a aquestes opinions.

	Variables dependents (°)	Individu 1 Experimentats amb calçat minimalista <i>fivefingers</i>				Individu 2 Novells amb calçat minimalista <i>fivefingers</i>				Individu 3 Novells amb calçat minimalista <i>fivefingers</i>				Individu 4 Novells amb calçat minimalista <i>fivefingers</i>				Mitjana total	
		Mín.	Màx.	Mitj.	SD	Mín.	Màx.	Mitj.	SD	Mín.	Màx.	Mitj.	SD	Mín.	Màx.	Mitj.	SD	Mitj.	SD
Calçat minimalista <i>fivefingers</i>	Flexió turmell	85	105	94.44	4.637	78	92	83.88	4.027	84	95	90.10	2.499	70	86	75.79	3.610	86.30	7.891
	Flexió genoll	131	163	154.63	5.214	164	175	171.13	2.738	154	169	160.85	3.620	165	175	169.53	2.480	163.91	7.673
	Flexió coxofemoral	154	167	159.66	2.526	157	167	162.13	2.028	158	167	161.65	2.095	151	161	156.63	2.318	160.06	3.092
	Angle geno varo de l'extremitat dreta	174	178	175.51	0.978	175	180	177.75	1.104	175	180	177.90	1.150	176	180	178.21	1.044	177.32	1.515
	Angle geno varo de l'extremitat esquerra	172	180	177.29	1.569	171	178	178.08	2.005	170	177	174.03	1.874	167	178	172.58	2.478	174.53	2.633
	Nº de passes per minut	168				161				163				151				160.75	
Calçat estàndard	Flexió turmell	66	87	77.40	5.203	82	90	85.71	2.078	74	86	80.68	3.100	72	84	76.73	3.203	80.12	5.020
	Flexió genoll	160	174	167.60	3.045	162	177	168.92	3.537	157	172	163.38	3.036	160	175	168.38	3.320	167.02	3.890
	Flexió coxofemoral	156	163	159.28	1.974	160	168	162.82	1.843	158	167	162.95	2.148	149	161	155.84	2.339	160.27	3.563
	Angle geno varo de l'extremitat dreta	174	178	176.08	0.859	176	180	178.32	0.873	174	179	176.83	1.107	177	180	178.59	0.725	177.42	1.376
	Angle geno varo de l'extremitat esquerra	175	180	177.58	1.534	167	175	171.97	1.952	172	180	175.13	1.652	174	178	176.30	1.244	175.26	2.643
	Nº de passes per minut	160				156				161				149				156.5	

Mín. → Mínima; Màx. → Màxima; Mitj. → Mitjana i SD → Desviació estàndard // quadres pintats → més flexió comparant amb l'altre calçat en el mateix individu

**Taula 7:** Resultats del present estudi  
**Font:** Elaboració pròpia mitjançant el programa d'estadística *SPSS Statistics*

	Flexió turmell minimalista-estàndard			Flexió genoll minimalista-estàndard			Flexió coxofemoral minimalista-estàndard			Moviment articular extremitat dreta minimalista-estàndard			Moviment articular extremitat esquerra minimalista-estàndard		
	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>
<b>Individu 1</b>	17.275	6.405	*0.000	-12.900	6.105	*0.000	0.250	3.111	0.614	-0.550	1.176	*0.005	-0.300	2.472	0.447
<b>Individu 2</b>	-1.632	3.907	*0.014	2.132	4.237	*0.004	-0.605	2.636	0.165	-0.605	1.534	*0.020	2.000	2.932	*0.000
<b>Individu 3</b>	9.425	3.789	*0.000	-2.525	5.364	*0.005	-1.300	2.700	*0.004	1.075	1.789	*0.000	-1.100	2.560	*0.010
<b>Individu 4</b>	-0.784	4.164	0.260	1.135	4.036	0.096	0.946	2.953	0.059	-0.378	1.233	0.070	-3.649	2.658	*0.000

Dif. mitj. → diferència mitjana , SD → Desviació estàndard, \**p* valor significativa. Dades negatives indiquen major flexió amb calçat minimalista

**Taula 8:** Resultats comparatius de manera intraindividual amb el diferent tipus de calçat

**Font:** Elaboració pròpia mitjançant la prova *T-Student*

Flexió turmell estàndard-minimalista			Flexió genoll estàndard-minimalista			Flexió coxofemoral estàndard-minimalista			Moviment articular extremitat dreta estàndard-minimalista			Moviment articular extremitat esquerra estàndard-minimalista		
Dif. mitj.	SD	<i>p</i>	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>	Dif. mitj.	SD	<i>p</i>
-6.529	9.126	*0.000	3.290	7.779	*0.000	0.058	3.157	0.819	0.129	1.615	0.321	0.735	3.177	*0.005

Dif. mitj. → diferència mitjana , SD → Desviació estàndard, \**p* valor significativa. Dades negatives indiquen major flexió amb calçat estàndard

**Taula 9:** Resultats comparatius de manera interindividual amb calçat estàndard i minimalista

**Font:** Elaboració pròpia mitjançant la prova *T-Student*



## 6. Discussió de resultats

Els resultats mostrats en aquest estudi es divideixen en dues parts, les variables analitzades en el pla sagital que són l'angle de flexió del turmell, del genoll i de l'articulació coxofemoral i, una altra part en què s'analitza els moviments articulars de les extremitats inferiors en un pla frontal.

### Angle de flexió del turmell

A nivell intraindividual, és a dir, analitzant detalladament els resultats de l'angle de la flexió del turmell per a cada individu amb els dos tipus de calçat, es pot veure que hi ha dos individus, l' 1 i el 3, que realitzen més flexió de turmell quan utilitzen calçat estàndard; aquesta flexió és dorsal ja que l'angle d'aquesta articulació és inferior als  $90^\circ$ ,  $77.40^\circ$  (SD=5.203) respecte als  $94.44^\circ$  (SD=4.637) del calçat minimalista en el cas de l'individu 1 i  $80.68^\circ$  (SD=3.100) respecte als  $90.10^\circ$  (SD=2.499) de l'individu 3. Pel contrari, l'individu 2 i l'individu 4 realitzen més flexió en la utilització de les *fivefingers*,  $83.88^\circ$  (SD=4.027) en relació als  $85.71^\circ$  (SD=2.078) del calçat estàndard i  $75.79^\circ$  (SD=3.610) respecte als  $76.73^\circ$  (SD=3.203) respectivament, tot i essent bastant similars en els dos tipus. Com es pot observar, aquests dos últims atletes, també realitzen una flexió dorsal però, en tots dos calçats i no només en el calçat estàndard com en els individus 1 i 3 que, amb calçat minimalista *fivefingers* realitzen una flexió plantar.

En aquest punt, es pot refusar una part de la primera hipòtesis la qual afirma que els individus que utilitzen calçat minimalista, obtenen angles de flexió majors a quan utilitzen calçat estàndard ja que es podria afirmar, només, en 2 dels 4 participants i no en la majoria. Tot i això, tenint en compte els resultats de la prova *T-Student*, es pot dir que hi ha diferència significativa en la flexió d'aquesta articulació en l'individu 1, individu 2 i en l'individu 3, ( $p < 0.01$ ,  $p = 0.014$  i  $p < 0.01$  respectivament) i cal tenir-los en compte.

Fent referència a la mitjana total de flexió a nivell interindividual, la qual correspon  $86.30^\circ$  (SD=7.891) amb calçat minimalista *fivefingers* i  $80.12^\circ$  (SD=5.020) amb calçat estàndard, s'observa una major flexió en aquesta articulació quan s'utilitza calçat estàndard. Aquestes dades són comparables amb els resultats de l'estudi d'Squadrone i Gallozzi (2009), tot i ser un estudi amb participants experimentats en córrer descalços, el qual també es produeix més flexió amb calçat minimalista ( $87^\circ \pm 5$ ) que

amb calçat estàndard ( $93\pm 4$ ), aquesta major flexió, segurament, donada pel patró de la trepitjada en el moment del contacte amb al terra.

Referent aquest últim concepte, el patró de la trepitjada de Lieberman [et al.] citats a McCallion [et al.] (2004) i Perkins [et al.] (2014) que diferencien tres zones de la planta del peu a l'hora de realitzar el contacte entre l'individu i el terreny, es pot determinar un patró per a cada individu, a partir de l'observació dels vídeos – *veure annex 3* - i dels graus en l'angle del turmell – *veure taula 7*-. Els 4 individus, quan utilitzen calçat estàndard, realitzen una patró de la trepitjada amb la zona del taló; en canvi, amb el calçat minimalista, l'individu 1 i 3 contacten amb la part davantera del peu, l'individu 2 amb la part mitja de la planta i, finalment l'individu 4 que manté el mateix patró, realitza el contacte amb la zona del taló. Aquests patrons, segurament, venen determinats per l'amortiguació del calçat ja que, si els individus mantinguessin el patró de la trepitjada del calçat estàndard (contacte amb la zona del taló) en el calçat *fivefingers*, l'impacte seria molt dolorós i això propiciaria diverses lesions com la fascitis plantar o augmentar el dolor en la part davantera del genoll (Willy i Davis, 2014), per tant, un aspecte a tenir en compte a l'hora d'utilitzar un calçat minimalista és el temps d'adaptació amb aquest. També, aquests patrons poden venir determinats per la velocitat de carrera, tal com diuen Lieberman [et al.] 2010 citats a Perkins [et al.] 2014 per tant, caldria seguir investigant.

També, cal tenir present que, els participants aparellats en l'anàlisi individual no coincideixen en l'experiència amb el calçat minimalista *fivefingers* sinó que, els individus 1 i 2 són experimentats i l'individu 3 i 4 són novells amb aquest. Per tant, no podem determinar un patró comú en la trepitjada diferenciant-lo de corredors experimentats o novells amb les *fivefingers* però sí, tenir en compte el tipus de calçat a utilitzar en la pràctica del running ja que, com diuen Fernández i Gijón-Nogueron (2014) hi ha elements d'aquests que canvien la biomecànica de l'exercici físic i escollir el que millor s'adapti a les característiques de l'atleta.

### **Angle de flexió del genoll**

La major flexió de genoll es produeix amb l'ús del calçat estàndard, en el cas dels individus 2 i 4,  $168.92^\circ$  (SD=3.537) i  $168.38^\circ$  (SD=3.320) respectivament, pel contrari, l'individu 1 amb  $154.63^\circ$  (SD=5.214) i l'individu 3 amb  $160.85^\circ$  (SD=3.620), aquesta major flexió es porta a terme quan els participants utilitzen calçat minimalista *fivefingers*. Aquest aparellament d'individus, relacionant el tipus de calçat amb la major

flexió del genoll, no correspon en individus novells i experimentats amb el calçat minimalista.

Aquestes dades de l'angle del genoll són compensatòries a l'angle de turmell de cada individu ja que, quan hi ha més flexió en l'articulació del turmell, hi ha menys flexió en l'articulació del genoll i a l'inversa comparant els dos tipus de calçat, tal i com també es pot veure en els resultats de Squadrone i Gallozi (2009), els quals hi ha major flexió de genoll i menor flexió de turmell en calçat estàndard, pel que fa al calçat minimalista *fivefingers* passa a l'inversa.

Com es pot observar, els resultats dels angles són similars, giren al voltant dels 160-170° en la flexió del genoll excepte el cas de l'individu 1 quan utilitza calçat minimalista, el qual destaca una flexió plantar amb 94.44° (SD=4.637) (angle amb menys flexió) i la flexió del genoll amb un 154.63° (SD=5.214) respecte les dades dels altres participants; això pot ser degut a l'experiència que té en la utilització d'aquest calçat segons les enquestes amb preguntes obertes –*veure annex 1*- ja que fa 1 any i mig que hi té contacte. Les dades de l'altre individu experimentat no destaquen respecte els altres, segurament, perquè, tot i que té un experiència de 3 anys, en aquest temps combina els dos tipus de calçat.

També, com en l'apartat anterior, només hi ha la meitat dels individus que s'ajusten a una part de la primera hipòtesis, per tant, seria interessant seguir treballant en aquesta línia per tal d'obtenir resultats concloents. Tot i això, tenint en compte els resultats de la prova *T-Student*, es pot dir que hi ha diferència significativa en la flexió d'aquesta articulació en l'individu 1, individu 2 i en l'individu 3, ( $p < 0.01$ ,  $p = 0.004$  i  $p = 0.005$  respectivament) i cal tenir-los en compte.

Un cop analitzat aquest angle a nivell intraindividual, cal analitzar de manera interindividual. Tenint en compte la mitjana total de flexió segons el calçat que s'utilitza que correspon a 163.91° (SD=7.673) amb calçat minimalista i 167.02° (SD=3.890) amb calçat estàndard, es pot aportar que la major flexió es troba quan els participants utilitzen calçat minimalista. El mateix passa a l'estudi de Squadrone i Gallozi (2009) amb 156° ±3 amb calçat minimalista *fivefingers* respecte als 159°±4 amb calçat estàndard tot i ser corredors experimentats en córrer descalços.

### **Angle de flexió de l'articulació coxofemoral**

Pel que fa a l'angle de la flexió del maluc, s'observa que els individus 2 i 3 tenen una major flexió d'aquesta articulació quan utilitzen calçat minimalista *fivefingers*, i per altra banda, l'individu 1 i 4, experimentat i novell respectivament, realitzen més flexió en l'articulació amb el calçat estàndard. A nivell interindividual fent referència a la mitjana total de l'angle, quan s'utilitza calçat minimalista els participants adopten una major flexió en el maluc  $160.06^\circ$  (SD=3.092) que amb calçat estàndard amb  $160.27^\circ$  (SD=3.563).

Analitzant aquestes dades, no trobo cap explicació concreta d'aquests resultats ja que, no hi ha cap indicador comú en els aparellaments d'individus segons la flexió de l'angle de l'articulació coxofemoral ja que, les dades referents a l'angle del turmell i del genoll dels dos individus són contraposades; per exemple, l'individu 2 té més flexió en el turmell quan utilitza calçat minimalista i més flexió de genoll quan utilitza calçat estàndard, i en l'individu 3 és el contrari, realitza més flexió de turmell amb calçat estàndard i més flexió de genoll amb les *fivefingers*, en canvi, tots dos individus realitzen més flexió de l'articulació coxofemoral amb el calçat minimalista, i el mateix passa amb els individus 1 i 3. També, cal tenir en compte que la flexió del maluc ha sortit, només, segons la prova *T-Student* diferència significativa en el cas de l'individu 3 ( $p=0.004$ ) comparant els resultats amb el tipus de calçat a més, de la poca diferència de la mitjana total a nivell interindividual de  $0.21^\circ$ .

A partir d'aquí caldria analitzar més individus per tal de trobar aquesta explicació, a més que, aquestes dades no poden ser comparades a cap dels estudis anteriors de l'evidència científica ja que no han analitzat aquesta variable. Per tant, puc dir que aquesta variable no és determinant en la biomecànica del corredor quan utilitza un tipus de calçat o un altre tot i que, com s'ha dit, cal ampliar aquesta investigació.

### **Moviments articulars (geno varo)**

Observant els vídeos –veure annex 3- i els resultats de la *taula 7*, es pot determinar que tots els individus, independentment del tipus de calçat, realitzen un mateix moviment articular, geno varo, el qual significa que el genoll té tendència a un moviment extern (varo), però, en els individus d'aquest estudi, aquesta desviació és mínima ja que es troben entre els  $175$ - $178^\circ$ , tenint en compte que en els  $180^\circ$  no hi ha desviació, les tres articulacions, turmell, genoll i coxofemoral es troben en línia recta. A

més, a nivell interindividual, tampoc hi ha gran diferència entre les mitjanes totals segons la utilització del calçat.

Aquestes dades tampoc són comparables amb altres estudis ja que no s'ha analitzat i per tant no tenim dades referencials per a poder extreure'n informació clara. Els resultats obtinguts suggereixen que el tipus de calçat pot no ser una variable determinant en relació als moviments articulars, ja que les diferències entre individus és mínima. Tot i que, comparant els resultats en els dos tipus de calçat, cal tenir en compte que, en els individus 2 i 3, hi ha diferència significativa en les dues extremitats, en l'individu 1, només hi ha diferència significativa en l'extremitat dreta i, en l'individu 4 només en l'extremitat esquerra.

Per tant, segons els resultats establerts, puc dir que el tipus de calçat no és una variable determinant en relació als moviments articulars, les diferències entre uns i altres és tant mínima que no podem buscar altra raó però sí, cal tenir-los en compte quan es comparen en relació al tipus de calçat.

### **Freqüència de passes, llargada de la gambada**

Pel que fa al número de passes, els 4 individus realitzen més passes quan utilitzen el calçat minimalista *fivefingers* que quan utilitzen calçat estàndard; això significa que la gambada és més gran en aquest últim tipus de calçat, segurament, degut a l'amortiguació de la sola que pot suportar més impacte sense que l'esportista senti dolor a la planta del peu.

Tot i aquesta diferència de passes entre els dos tipus de calçat, cal tenir en compte que en els individus novells amb calçat *fivefingers* hi ha menys diferència de passes entre les dues variables que en els experts (novells 2 passes; experts 5-8 passes). Aquesta diferència entre els novells i els experimentats és deguda al temps de contacte o adaptació amb aquest calçat, és a dir, els corredors novells no han tingut gaire temps d'adaptació i per tant la modificació de la tècnica de carrera, en aquest cas la llargada de la gambada, sigui tant destacada com en el cas dels individus 1 i 2 que estan adaptats a aquest calçat minimalista.

En els resultats de l'estudi de Willy i Davis (2014) també analitzen la cadència de passes per minut però, només en individus novells amb calçat minimalista. En aquest, la diferència de passes entre els dos tipus de calçat no és molt àmplia (168.0  $\pm$  10.5 en calçat estàndard i 168.2  $\pm$  13.0 en calçat minimalista). Aquestes dades són

comparatives amb el present estudi ja que la diferència de passes en els individus novells és mínima (2 passes) i que es necessita un temps més llarg d'adaptació perquè es vegin diferències significatives en la llargada de la gambada, com es reflecteix en els individus experimentats.

Aquesta mateixa dada, també es veu reflexada en l'estudi de Bonacci [et al.] (2013), la gambada és més llarga quan els atletes utilitzen calçat estàndard que quan utilitzen calçat minimalista (3.04 metres calçat estàndard; 3 metres calçat minimalista) i en l'estudi d'Squadrone i Gallozi (2009) que comparen el calçat minimalista marca *fivefingers* amb el calçat estàndard el qual també n'extreuen la mateixa conclusió, la llargada de la passa amb el calçat *fivefingers* és de 2.29 m +/- 0.16 i amb el calçat estàndard és més gran, 2.34 m +/- 0.15.

Per tant, tots els estudis de l'evidència científica i aquest coincideixen pel que fa la freqüència de passes per minut; es realitzen menys passes quan s'utilitza un calçat minimalista que quan s'utilitza un calçat estàndard o, dit d'altra manera, la llargada de la gambada és més gran amb aquest últim tipus de calçat.

Partint dels resultats i el contrast amb altres estudis, es pot acceptar una part de les hipòtesis inicials en referència a la tècnica de carrera; s'adopta una millor tècnica de carrera quan l'individu utilitza calçat minimalista ja que, tenen tendència a realitzar el contacte amb la zona del metatars i no amb la zona del calcani, tot i que els resultats en alguns dels individus no ho mostrin clarament. Però, pel que fa a la segona part d'aquesta mateixa hipòtesis en relació als angles de flexió, caldria realitzar una investigació més àmplia, és a dir, analitzar més individus i extreure'n conclusions precises ja que, amb aquest estudi, els resultats són afirmables en 2 dels 4 participants i, per tant, 2 dels 4 refutables. Aquest, es pot tenir en compte per a futures línies d'investigació, a més, de realitzar l'anàlisi de les variables en les diferents fases de la carrera i no només en el primer contacte de la fase d'amortiguació com en aquest cas i, també seria interessant realitzar l'estudi a diferents velocitats, ja que aquesta pot ser una variable a tenir en compte a l'hora de determinar el patró de la trepitjada.

Pel que fa a la segona hipòtesis, sí es modifiquen els moviments articulars de les extremitats inferiors depenent del tipus de calçat que s'utilitza, cal seguir investigant ja que, en aquest estudi no s'ha trobat una relació clara entre els moviments articulars i el tipus de calçat, per tant caldria profunditzar en aquest aspecte i analitzar més individus tenint en compte els criteris d'inclusió. Amb els resultats del present estudi no es pot

acceptar o refusar la hipòtesis, fet que es requereix d'un nou estudi en què es pugui analitzar de forma específica.

Tot i les diferents variables que s'han analitzat, hi ha un aspecte que no s'hi ha donat èmfasis, és el tema de les lesions en funció del tipus de calçat. Això, analitzat en les enquestes amb preguntes obertes que han realitzat els diferents individus, els participants experimentats amb calçat minimalista *fivefingers* potencien la disminució de lesions en aquest tipus de calçat, degut a la millora de la tècnica de carrera, pel contrari, destaquen el llarg període d'adaptació que es necessita amb aquest calçat. Els individus novells amb el calçat minimalista *fivefingers* no coneixen molt bé aquest tipus de calçat, ja que no han tingut la oportunitat de familiaritzar-s'hi (fins en aquest estudi) perquè es troben còmodes i estant contents amb el calçat estàndard que utilitza la majoria de la població. Tot i la diferència en el calçat, tots 4 individus estan d'acord en què el calçat és una variable que determina i modifica la manera de córrer, per tant cal dedicar-hi temps a l'hora d'escollir-ne un tal i com també ho afirmen Carreño i Carcuro (2012), el qual expliquen diferents aspectes a tenir en compte (forma del peu, material, disseny i talla del calçat) per tal que aquesta elecció sigui la més encertada i ajudi a la prevenció de lesions.

Finalment dir que, les limitacions que m'he trobat en aquesta investigació ha estat la falta d'individus a analitzar a més del context en què s'ha fet, és a dir, amb més participants hauríem obtingut més resultats i es podria haver arribat a informació més concloent i, referent al context, no és el mateix córrer sobre una cinta mecànica que en un camí adaptat a la pràctica del *running* però, és una de les úniques maneres que tenim per aproximar-nos a l'anàlisi de la biomecànica de l'individu en aquesta pràctica. Però, totes aquestes limitacions, es poden convertir en futures línies d'investigació per a complementar aquest estudi i obtenir conclusions rellevants pel que fa la tècnica de carrera en la pràctica del *running* en relació al calçat que s'utilitza.

## 7. Conclusions

El tipus de calçat modifica la biomecànica dels corredors practicants del *running* durant el temps d'oci, sobretot, en l'angle de flexió del turmell i del genoll. En referència a aquesta flexió, es produeix més flexió de turmell quan els individus utilitzen calçat estàndard, pel contrari, la flexió de genoll i de l'articulació coxofemoral és major en el calçat minimalista *fivefingers*. Pel que fa als moviments articulars, hi ha menys desviació del genoll cap a l'exterior (geno varo) quan els corredors utilitzen calçat minimalista *fivefingers*. I, referent a la cadència, els individus realitzen menys passes amb calçat estàndard que amb el calçat *fivefingers*.

Obtenir aquests coneixements sobre l'impacte del calçat en la biomecànica de l'individu és molt important per començar una nova etapa, una etapa on un mateix és el guia, una etapa on s'obren multitud de camins per afrontar dins el gran món esportiu. Actualment hi ha gran varietat de calçat per escollir, uns amb la sola més gruixuda, d'altres amb cordons, amb colors vistosos, més flexibles, entre altres, la qual cosa fa dubtar a l'hora d'escollir-ne un. Amb els coneixements del present estudi es pot recomanar, doncs, que cada esportista es realitzi un anàlisi biomecànic de la tècnica de carrera per escollir el calçat que millor s'adapta a les seves característiques i deixar de banda el màrqueting. Aquesta elecció pot fer millorar el rendiment i consegüentment disminuir el risc de lesions.

La realització d'aquest estudi em permetrà ser millor professional en el món de l'esport, sobretot, quan estigui a la disposició d'un grup o equip ja que conec una bona tècnica de carrera i com aquesta pot estar influenciada pel tipus de calçat.



## 8.Referències

- ANGULO-BORROSO, R.M (DIREC); BUSQUETS, A; RIPOLL, J.V; FERNÁNDEZ, D; MAÑANAS, M.A; ROJAS, M. "Ser minimalista canvia la teva forma de córrer?". *Docusport*, 2014, núm. 29, pàg. 36-37.
- BETANCOR, M.A; VILANOU, C. "Consideracions histórico-antropológicas sobre el origen de la educación física y el deporte: un ensayo taxonómico". *Apunts*, 1995, vol. 40, pàg. 7-24.
- BONACCI, J; SUANDERS, PU, HICKS, A; RANTALAINEN, T; VICENZINO, BT; SPRATFORD, W. "Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot". *The journal of sport and exercise medicine*, 2013, vol. 47 (6), pàg. 387-392.
- BONETE, E; CAPDEVILA, LL; COSTA, R; CRUZ, J; MOYA, M; PALMI, J; PELLICER, J; SALVADOR, A; SANGINÉS, G; SUAY, F; TORREGROSSA, M (2008). *Psicobiología de l'esport i l'activitat física*. València: Universitat de València.
- CARREÑO, F; CARCURO, G. "Corredores: Bases científicas para la elección de calzado y prevención de lesiones". *Revista de medicina clínica las condes*, 2012, vol. 23 (3), pàg. 332-336.
- FERNÁNDEZ, M; GIJÓN-NOGUERON, G. "Factores del calzado deportivo de carrera que influyen en la práctica deportiva: revisión sistemática". *Archivos de Medicina del Deporte*, 2014, núm. 160, pàg. 105-110.
- GARCÍA, M (2000). *Principios del autoentrenamiento manual del corredor*. Madrid: Gymnos
- GARCÍA, M; LLOPIS, R (2011). *Ideal democrático y bienestar personal. Encuesta sobre los hábitos deportivos en España 2010*. Madrid: CIS-CSD
- GARCÍA, M.P; MARTÍNEZ, P (2012). *Guía práctica para la realización de trabajos fin de grado y trabajos fin de máster*. Murcia: Edit.um
- GUISÁN, M.C; AGUAYO, E. "Salario, empleo y productividad de la economía española en 1965-2008". *Estudios económicos de desarrollo internacional*, 2008, vol. 8-1, pàg. 99-124
- HERNÁNDEZ, M; GALLARDO, L. "Marco conceptual: las actividades deportivo-recreativas". *Apunts*, 1994, vol. 37, pàg. 58-67.
- INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (2014). *Taxa d'atur*. Recuperat 20 de novembre 2014, des de <http://www.idescat.cat/economia/inec?tc=3&id=0608&dt=201403&x=11&y=11>

- LLOPIS, R; LLOPIS, D. “Una tipología sociocultural de los corredores populares en España”. *Apunts*, 2012, núm. 108, pàg. 9-16
- MÁRQUEZ, S; RODRÍGUEZ, J; DE ABAJO, S. “Sedentarismo y salud: efectos beneficiosos de la actividad física”. *Apunts*, 2006, núm. 83, pàg. 12-24
- MARTÍN, A. “Los héroes de los juegos olímpicos modernos y la evolución del equipamiento deportivo en el atletismo”. *Revista Wanceulen E.F digital*, 2011, núm. 8, pàg. 25-33.
- MCCALLION, C; DONNE, B; FLEMING, N; BLANKSBY, B. “Acute differences in foot strike and spatiotemporal variables for shod, barefoot or minimalist male runners”. *The journal of sport and exercise medicine*, 2014, núm. 13, pàg. 1-7.
- MINISTERI D'OCUPACIÓ I SEGURETAT SOCIAL D'ESPANYA. (2013). *Guía Laboral – Jornada laboral. Permisos y vacaciones*. Recuperat al 20 de gener de 2015, des de [http://www.empleo.gob.es/es/Guia/texto/guia\\_6/contenidos/guia\\_6\\_14\\_1.htm](http://www.empleo.gob.es/es/Guia/texto/guia_6/contenidos/guia_6_14_1.htm)
- PERKINS, K.P; HANNEY W.J; ROTHSCHILD, C.E. “The risks and benefits of running barefoot or in minimalist shoes: a systematic review”. *Sports Health: a multidisciplinary approach*, 2014, núm. 6, pàg. 475-480.
- PUIGSERVER, S.A; GONZÁLEZ, J.C; PIQUERAS, P; MEDINA, E; BALLESTER, A; FAYOS, J; SOLVES, C; TITO, M. “Biomecánica aplicada al nuevo calzado de running de THE NORTH FACE”. *Revista digital de podología*, 2013, núm. 50, pàg. 19-24.
- RIUS, J (2009). *Metodología y técnicas de atletismo*. Badalona: Paidotribo
- RODRÍGUEZ, J; AGULLÓ, E. “Estilos de vida, cultura, ocio y tiempo libre de los estudiantes universitarios”. *Psicothema*, 1999, vol. 11, pàg. 247-259
- RODRÍGUEZ, J (2000). *Historia del deporte*. Barcelona: Inde
- ROTHSCHILD, C.E. “Primitive running: a survey analysis of runners' interest, participation, and implementation”. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2012, vol. 26, núm. 8, pàg. 2021-2026.
- SQUADRONE, R; GALLOZZI, C. “Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners”. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2009, vol. 49, núm. 1, pàg. 6-13.
- SALVADOR, J.L (1998). “Evolución histórico-social dle mercado laboral físico-deportivo”. *Educación física e deporte no século XXI. VI congreso Galego de Educación Física (1996, a Coruña). Xornada Manuel Becera*. Coruña: Universidade da coruña.

- THOMAS, J; NELSON, J (2007). *Métodos de investigación en actividad física*. Badalona: Paidotribo
- TIROTTI, B; PARMA, T; HESPANHOL, L.C; RAINBOW, M.J; DAVIS, I.S; DIAS, A. "What are the main risk factors for running-related injuries?". *Sports Medicine*, 2014, vol. 44 (8), pàg. 1153-1163.
- VINUESA, M; COLL, J (1997). *Tratado de atletismo*. Madrid: Esteban Sanz, M.
- WILLY, R.W; DAVIS, I.S. "Kinematic and kinetic comparison of running in standard and minimalist shoes". *Medicine & Science in sports & exercise*, 2014, vol. 46, núm. 2, pàg. 318-323.