

GRADU AMAIERAKO LANA

KAFEINAREN EFEKTUAK ERRESISTENTZIAKO OINEZKO LASTERKETAN



Egilea: Fernandez Zubizarreta, Olatz

Zuzendaria: Santos Concejero, Jordan

Gradua: Jarduera Fisiko eta Kirolaren Zientziak

Kurtso akademikoa: 2017-2018

AURKIBIDEA

1. LABURPENA	2
2. SARRERA	3
2.1. Kafeina	3
2.2. Kafeinaren kimika eta farmakologia	4
2.3. Kafeinaren elkarrekintza farmakologiko eta nutrizionalak	5
2.4. Kafeinaren efektuak organismoan	7
2.5. Kafeina eta arrisku mediku-nutrizionalak	9
3. METODOLOGIA	11
3.1. Onartzeko irizpideak	12
3.2. Ez onartzeko irizpideak	13
3.3. Aukeratutako ikerketak	13
4. EMAITZAK	15
1. Acute effects of caffeine intake on athletic performance: A systematic review and meta-analysis	15
2. Ayudas ergogénicas en el deporte	18
3. Effects of Consumption of a Beverage Containing Caffeine on Running Time Trial Performance	21
4. Effects of acute supplementation of caffeine on cardiorespiratory responses during endurance running in a hot & humid climate	25
5. Ergogenic effect of varied doses of coffee-caffeine on maximal aerobic power of young African subjects	29
6. The Effects of Preexercise Caffeinated Coffee Ingestion on Endurance Performance: An Evidence-Based Review	32
5. EZTABAIDA	34
6. ONDORIOAK	38
7. BIBLIOGRAFIA	39

KAFEINAREN EFEKTUAK ERRESISTENTZIAKO OINEZKO LASTERKETAN

1. LABURPENA

Kafeinaren inguruko bibliografia oso zabala da, kirol modalitate guztietan eta efektu ugari dagokionez, errendimendua hobetzen duen edo ez frogatzen duena. Errebisio sistematiko honen helburua erresistentziako oinezko lasterketan zentratzea izan da, irizpide batzuk jarraituz artikulu batzuk aukeratu eta errendimendua hobetzen laguntzen duen edo ez ondorioztatzea, lasterketako aspektu ugari begira: lasterketa denbora, oxigeno kontsumoa, neke pertzepzioa, etab. Honetaz aparte, autore ezberdinek iradokitako dosi ezberdinak eta bakoitzaren efektuak aztertuko dira ere bai. Erabilitako metodologia bilaketa sistematikoarena da, hitz gako batzuk erabiliz eta ondoren onartzeko irizpide batzuk aplikatuz. Emaitza bezala, orokorrean kafeinak erresistentziako oinezko lasterketaren errendimendua hobetzen duela ondorioztatu da.

Hitz gakoak: caffeine, effects, endurance running.

2. SARRERA

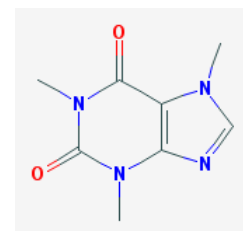
Kafeina mundu osoan esna edo adi mantentzeko efektua bilatzen asko kontsumitzen den produktu bat da, gehienbat kafe edo kafeinadun edari moduan. Efektu hau kirolera estrapolatu da, atletengatik asko erabilitako gehigarri bat bezala, nerbio sistema zentralean eraginez beraien errendimendua hobetuko duelakoan.

Beraz, gai hau aukeratzearen arrazoi nagusia benetan kafeinak errendimenduan zer motatako efektuak dituen aurkitzea da, dosi ezberdinen arabera txapelketa edo entrenamendu aurretik hartzea komeni den edo ez ondorioztatzeko.

Hurrengo orrialdeetan, metodologian sartu aurretik, kafeinari buruzko azterketa sakon bat egingo da, bere efektuak, farmakozinetika, alboko efektuak eta abar azalduz.

2.1. Kafeina

Izen kimikoak: Caffeine; 1,3,7-Trimethylxanthine; 58-08-2; Guanine; Thein; Cafeina
Formula molekularra: $C_8H_{10}N_4O_2$
Pisu molekularra: 194.194mol



1. Irudia. Kafeinaren konposizio kimikoa
(PubChem)

Kafeina Hego-Ameriketako eta Ekialde-Asiako hainbat landareren hazi eta hostoetan aurkitzen den metilxantina bat da, era naturalean edari askotan agertzen dena eta agente farmakologiko bezala ere erabiltzen dena. Adenosinarekin estrukturalki zerikusi handia du eta honen hartzaileen antagonista bezala jokatzen du jarduera psikotropiko eta antiinflamatorioen bitartez. Kafeinaren efektu farmakologikorik ageriena nerbio-sistema zentralaren estimulazioa da, atentzioa areagotuz eta agitazioa sortuz. Muskulu lisoa ere erlaxatzen du, muskulu kardiakoa estimulatu, diuresia eragin eta buruko min jakin batzuei aurre egiteko erabilgarria dela ere ematen du (PubChem).

Kafeina hartzen den momentutik, substantzia adenosina hartzaileetara lotzen da nerbio-sistema zentrolean (NSZ), honela adenosinaren lotzea inhibituz. Beraz, adenosinaren bidezko NSZ-ren aktibitatearen jaitsieraren erregulazioa inhibitu egiten da, burmuinean zentro medular, bagal, basomotore eta arnas-zentroak estimulatuz. Gainera, kafeinak NSZ gehiago estimulatuko duten neurotransmisoreen askapena ere bultzatzen du (PubChem).

Kafeinaren efektu antiinflamatorioak fosfodiesterasen (PDE) inhibizio ez-selektiboari zor zaizkie: PDE-en inhibizioak zelula barneko AMP ziklikoaren (cAMP) kontzentrazioa handitu, A proteinkinasa aktibatu eta leukotrienoen sintesia inhibitu egiten du, inflamazio txikiago batera eta berezko immunitate batera gidatuz (PubChem).

Lan honetan zehar kafeinaren dosiari buruz mg-tan hitz egingo da, eta orokorrean kafeinadun edari tipikoetan agertzen den kafeina maila hurrengo taulan aurkezten da (1. Taula).

1. Taula. Edari/jaki arrunt batzuen kafeina edukia (Tarnopolsky *et al.*, 2005).

Food/Drink	Caffeine content (mg)
Instant coffee (10 oz)	80
Tea (10 oz)	
Mild	35
Moderate	50
Strong	60–70
Drip coffee (10 oz)	
dark roast	150
light roast	160
Percolated	175
Cola drinks (12 oz)	35–50
Chocolate (1 bar)	10

2.2. Kafeinaren kimika eta farmakologia

Kafeina oso azkar xurgatu egiten da traktu gastrointestinalanean, zelula- mintzak efikazia handiarekin zeharkatuz. Lipidoekiko duen disolbagarritasunari esker, kafeinak barrera hematoenzefalikoa eta plazentarioa ere zailtasun barik gurutzatzen ditu. Kafeina gibelean P450 Zitokromoaren sistema entzimatiokoari esker

metabolizatu egiten da, prozesu honetatik hiru metabolito nagusi lortuz: paraxantina, teofilina eta teobromina.

Kafeina odol-maila maximoak hartu eta 45-90 minututara agertzen dira eta hartutako kantitatearen arabera dira. Gune maximoetan 2 orduz mantendu daitezke, bere batz besteko bizitza 3,5-5 ordutakoa bada ere. Bitartean, kafeina eta bere metabolitoak giltzurrunei esker kanporatuak izaten dira, gutxi gorabehera %3-10-a inongo aldaketarik gabe gerneraren bidez kanporatzen delarik (Mielgo-Ayuso eta Urdampilleta, 2015).

Kafeinaren estruktura kimikoa adenosinaren oso antzekoa denez, kafeinak bere hartzailleengatik lehiatu egiten du gorputz osoan zehar, honek dituen NSZ-ren, arnasketaren, heste-peristaltismoaren, presio arterialaren, lipolisiaren eta renina eta katekolaminen askapenaren gaineko akzioak antagonizatuz, beste batzuen artean.

Adenosina gorputzeko osagai biologikoki oso aktibo bat da, berak bakarrik edo beste konposatu batzuekin elkarlanean aritu daitekeena. Konposaturik ezagunena adenosin trifosfatoa da (ATP), energia zelular iturririk garrantzitsuena. Gainera, oso papel garrantzitsua betetzen du NSZ-ren neuromodulatzaile gisa, basodilatazioa, bronkokonstriktzioa, inmunosupresioa, eta abar eraginez. Honetaz aparte, efektu lasaigarri eta inhibitzaileak ere baditu neurona aktibitatearengan eta zelula-seinaleztapen molekula bezala ere jarduten du.

Laburbilduz, kafeinaren adenosina hartzailleekiko antagonismoa NSZ, arnasketa, heste-peristaltismoa, presio arteriala, lipolisia eta renina eta katekolaminen askapenaren gaineko efekturik gehienak azaltzen dituen mekanismoa dela ematen du (Graham, Rush eta Soeren, 1994).

2.3. Kafeinaren elkarrekintza farmakologiko eta nutrizionalak

Aspektu nutrizionalari dagokionez, kafeinak D bitaminaren eta kaltzioaren xurgapena gutxitu dezake, hezur osasunerako oso garrantzitsuak direnak. Hain zuzen, badirudi kafeinak (>300 mg/egunean) hezurren mineral-dentsitatea gutxitu eta kaltzioaren atxikipen eta kanporaketan negatiboki eragin dezakeela (150 mg kafeina

bakoitzeko 5 mg kaltzio galtzen dira), nahiz eta efektu honek garrantzia handiagoa daukan adin nagusiko pertsonengan (Rapuri *et al.*, 2001).

Burdin ez-hemoaren gaineko kafeinaren efektua oso ezaguna da (bere absortzioa gutxiagotzen du); hala ere, badirudi burdinaren %6-ari besterik ez zaiola lotzen (Kolaylı *et al.*, 2004), gehiagori burdin guztia ez-hemoa bada. Kirolariek egoera askotan beraien burdin behar eta galerak handiturik dituztenez, efektu hau kontuan hartu behar da. Kasu honetan, kafeina kontsumoa murriztu ezin bada, honen ahorrakina burdinean aberatsak diren otorduetatik gutxienez 1,5 ordu bereizi behar da.

Orokorrean kafeinak, bere efektu diuretikoagatik, bitamina hidrodisolbagarrien kanporaketa areagotu dezake (bitamina denena A, D, E eta K bitamina lipodisolbagarriena izan ezik).

Beste alde batetik, B12 bitaminak efektu positibo bat izan dezake bere absortzioarengan, urdailean azido produkzioa estimulaten duelako.

Kafeinak magnesioa, potasioa, sodioa eta fosforoa bezalako mineralen xurgapena gutxiagotzen duela ere ematen du (Escott-Stump, 2008).

Medikamentuei dagokionez, kirolariek maiz kontsumitzen duten farmako talde bat antiinflamatorio ez esteroideoak dira (AINE), bai mina tratatzeko bai prebenitzeko, baita gomendatzen diren dosi baino altuagoak hartu ere (Joslin *et al.*, 2013). AINE eta kafeinaren hartze bateratuak lehenengo maila plasmaticoak handiagotzen dituela frogatzen dute ikerketa batzuek, orokorrean hartze bateratu honek efektu analgesiko indartsuago batera eramaten duelarik (Derry *et al.*, 2014; Derry *et al.*, 2015), nahiz eta alboko efektu ez desiragarriak pairatzeko arriskua ere igotzen dela ez den ahaztu behar.

Benzodiazepinekin tratatutako kirolariek (insomnioa ekiditeko nagusiki) ahal den neurrian kafeinaren kontsumoa ekidin behar dutela kontuan hartu behar da, benzodiazepinen efektu loeragilea antagonizatu dezakeelako.

Beste alde batetik, kafeina kontzentrazioak gora egin dezake bere metabolismoa inhibititu egiten bada, adibidez omeprazol urdail babeslearen ondorioz.

2.4. Kafeinaren efektuak organismoan

Kafeinak efektu ezberdinak eragiten ditu giza organismoaren atal ezberdinetan, garrantzitsuenak hurrengo hauek direlarik:

- a) Muin sinpatiko-adrenalaren gaineko efektuak: giltzurrunen goiko aldean kokatuta dago eta estres hormonak edo katekolaminak (adrenalina eta noradrenalina) odol-fluxura askatzeko arduraduna da. Hormona bi hauek estres handiko egoera batean erantzuna ematen dute, hau da, borroka edo alde egiteko erantzuna, eta baita atentzioaren igoera substratu energetikoen mobilizazioa ere. Beraz, muskuluei energia eman, pultsazioak handitu eta bihotzaren uzkuertzeko indarra handiagotzen dute. Honetaz aparte, ariketa fisikorako beharrezkoak ez diren zonaldeetan basokonstriktzioa eragiten du, hesteetan adibidez, nahiz eta hau hipotermia edo arazo gastrointestinaletan eragozpen bat izan daitekeen.
- b) Gantz-ehunaren eta glukogeno deposituen gaineko efektuak: gantz-ehunean dagoen gantza energia iturri bezala erabiltzea gantz hau gantz azido askeetan (AGL) deskonposatzen den abiaduraren menpe dago. Ariketa fisikorik egiten ez dugunean, abiadura hau baxua da, katekolamina maila baxu eta adenosina eta intsulinararen presentziaren efektu bateratuekin batera erregulatzen dena. Adenosina eta intsulina gantz-ehuneko gainazaleko errezeptoreetara elkartzen dira, AGL-en deskonposaketa eta hauen odolerako askapena inhibituz. Energia beharrak igotzean, ariketa fisikoarekin adibidez, gantzaren askapen abiadura handitu daiteke adrenalina eta noradrenalinarekin igoeragatik, beste batzuen artean. Hau horrela izanda, pertsona batzuetan kafeinak adenosinak duen odoleko AGL mailak baxu mantentzeko gaitasuna baliogabetu dezakeela demostratu da; hala ere, batzuetan kafeinak berak efektu hau lor dezake, zuzenean gantz-ehunarengan eraginez, adenosinarekiko independente. Horrela, pertsona batzuegan kafeinak gantz-ehunaren deskonposaketa handiagotzea lortzen du, odoleko AGL kopuruak igoz (lipolisia handituz), hau da, erregai muskular bezala gantza erabiltzearen igoera lortzen du. Hala ere, kafeinaren efektu hau pertsona batetik bestera aldakorra da, efektu txikiago bat emanez kafeina dosia 3 mg/kg baino baxuagoa denean (Graham eta Spriet, 1995).
- c) Burmuinaren gaineko efektuak: adenosinak logalea erregulatzen du, hau da, nekatuta egotean, adenosina burmuinean pilatu eta bertako zeluletako proteina

batzuetara elkartzen da (adenosina errezeptoreak), honek logurea eragiten duelarik. Kafeina hartzean, bere molekulak burmuinera ailegatu eta adenosina errezeptore hauek elkartzen dira, baina, adenosinak ez bezala, kafeinak burmuin zelulak estimulatu ditu eta itzarrik mantentzeko gaitasuna igo egiten da, kafeina molekulak deskonposatu eta eliminatu arte. Ikerketa ezberdinek korrika edo bizikletan ibiltzean antzemandako esfortzu indizea kafeina hartu ostean baxuagoa dela demostratu dute, kontrol egoera edo plazeboarekin konparatuz (Doherty eta Smith, 2005). Kafeinak duen gaitasun hau azaltzeko bi hipotesi bota dira:

- Neurona motoren inpultsoaren atalasearen jaitsiera edo muskulu uzkurketan ematen diren aldaketak. Biek muskulu eta burmuinaren arteko atzeraelikadura gutxitu dezakete, hau da, muskuluak uzkurketak lortzeko errazagoak direla esango zion burmuinari.
 - Burmuinak ez hain fuerte edo ez hain mingarri bezala interpretatzen ditu muskuluek bidalitako seinaleak.
- d) Muskuluen gaineko efektuak: kafeinak muskulu-zelulen barnean kaltzioaren askapenean laguntzen duela ematen du. Zentzu honetan, kafeinak kaltzioaren askapena handiagotu badezake, nekea denbora luzeagoan zehar atzeratuko litzateke.
- e) Giltzurrunen gaineko efektuak: kafeinaren efektu diuretikoak atsedenean ematen da, ziur asko giltzurrunen sodio-xurgapenaren blokeo batengatik, sodioaren eta likidoen kanporatze handiago bat eta potasioaren kanporatzen baxuago bat eragiten duena. Hala ere, ariketa fisikoan zehar eta intentsitate atalase bateraino, katekolaminen efektua dela eta prozesu hau ez da ematen, hauek giltzurrunetako arteriolen konstriktzioa eta glomerulu-filtrazioaren tasa txikiagotzea eragiten baitute. Horrela, kafeinaren efektua indargabetzen du, deshidratazioa ekidinez.
- f) Termorregulazioaren gaineko efektuak: kafeinak gorputzeko tenperatura altuen ondorio negatiboak indargabetzen ditu kirol errendimenduan. Nahiz eta oraindik efektu hau zelan lortzen den oso argi ez ezagutu, neurotransmisoreen kontzentrazio aldaketagatik gertatzea izan daiteke, burmuineko dopamina kontzentrazioaren gaineko adenosinaren efektu antagonista baten ondorioz (Ganio *et al.*, 2011).

2.5. Kafeina eta arrisku mediku-nutrizionalak

Kafeina dosi ezegoki batek negatiboki eragin dezake faktore fisiologiko batzuegan, adibidez, gehiegizko kafeinak bihotz maiztasunean eragin dezake bai era ez-zuzen batean bai deshidratazioaren ondoriozko gorputz tenperatura igoeraren bidez. Horrela, ariketa fisikoa egiteko bihotz maiztasuna gehiegi igotzen denean, kirol errendimenduaren jaitsiera bat eragiten du, nekea, funtzio metabolikoaren alterazioak, beroaren ondoriozko nahasketak eta istripu baskularrak sortu ditzakeelarik. Gainera, muskuluetako, tendoietako eta hezurretako lesioak sortzeko arriskua handiagotzen da.

Kafeinak efektu ergolitiko bat ere eragiten du diuresiaren handiagotzearen ondorioz, nahiz eta efektu hau $VO_2\text{max}$ -aren %60-65etik gora esanguratsua ez den. Honek, alde batetik, kirolariarengan nahaste bat suposatuko du, bere beharrak egiteko gelditu egin beharko duelako, honek dakarren denbora galtzearekin, eta beste alde batetik, galera hauek era egokian konpentsatzen ez badira, deshidratazioa eragin dezake eta ondorioz gorputzeko tenperaturaren igoera. Igoera honek, 39-40°C-taraino igo ezker, nekea eragin dezake, eta baita desoreka hidroelektrolitikoak edo hiponatremia bat ere (sodio edukiaurre murrizketa), errendimenduaren jaitsierara edo, egoerari buelta eman ezean ondorio larriagoetara, gidatuko duena.

Kafeinan aberatsak diren produktuek duten 6-9 mg/kg edo 429-630 mg kafeina aportatzen dituzte, eta orokorrean ez dute osasunerako kalterik aurkezten. Hala ere, alboko efektu ugari ezagutzen dira, beste batzuen artean bihotz maiztasunaren igoera, tentsio arterialaren igoera arina, antsietatea, urduritasuna, nahaste mentala, ondoez gastrointestinala, insomnia eta suminkortasuna.

Kafeina substantzia psikoaktiboa da eta, egunero kontsumitu ezker, intoxikazioa, dependentzia, abstinentsia sindromea (buruko min gogorrak, letargia edo gripearen antzeko sintomak agertuz), antsietatea edo loaren nahasmenak eragin ditzake.

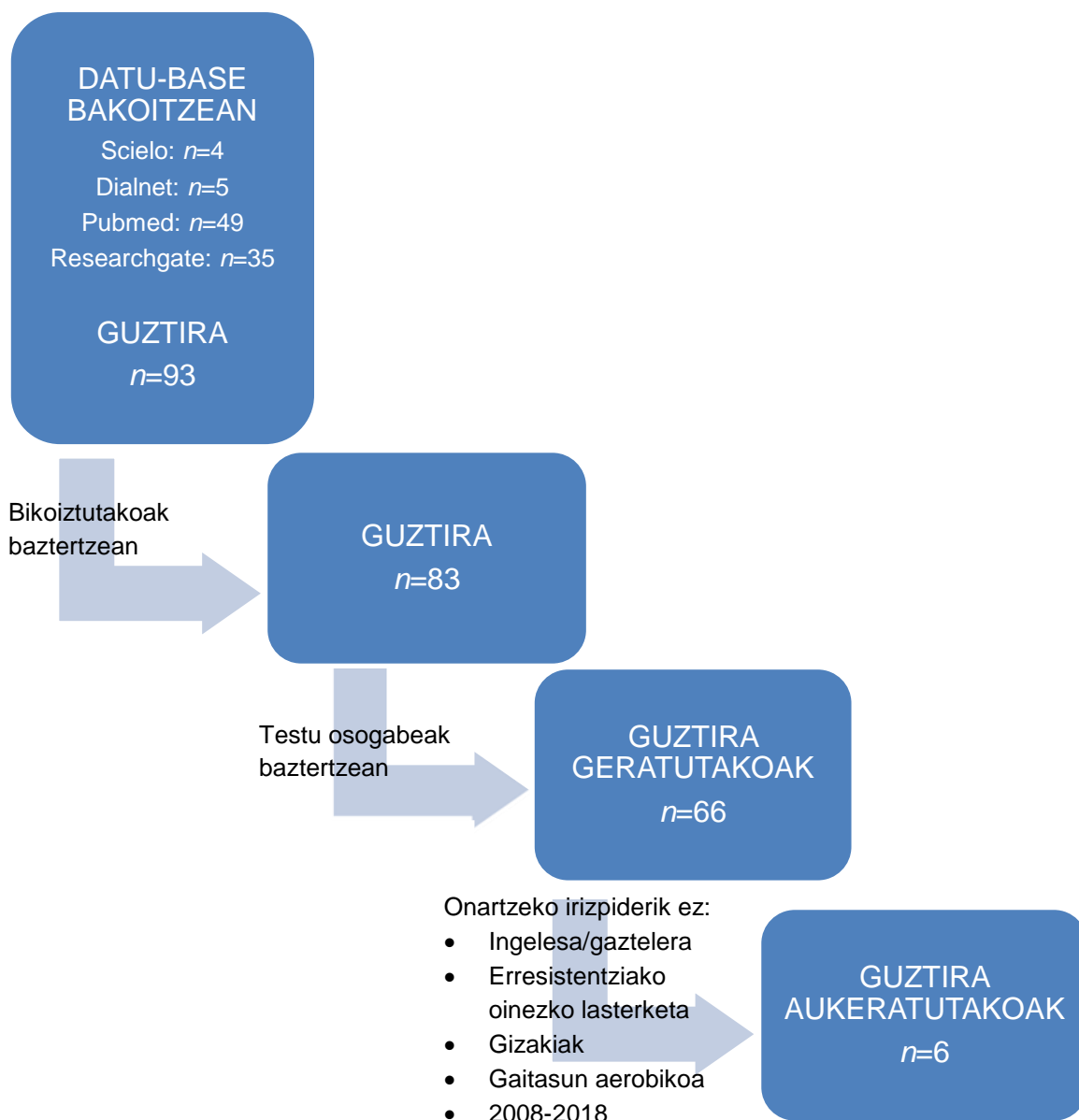
Antsietatea erreakzio normal eta beharrezko bat da indibiduo eta espeziearen biziraupenerako, baina egoera batzuetan antsietate maila altuegia edo ez moldatua izatera heldu daiteke. Txapelketa aurreko antsietateari dagokionez, antzematen diren

gaitasunen eta kirol testuinguruan sortzen diren eskakizunen arteko desoreka batek sortua da. Antzemandako eskakizunak antzemandako gaitasunekin orekatuak daudenean, alerta maila optimo bat sentitu egiten da. Horregatik, txapelketa aurreko antsietatea kirolariaren gaitasun eta abileziak aurkariaren parekoak antzematen ez direnean agertzen da. Beraz, guzti hau kontuan izanda, kafeinaren alboko efektuetako bat antsietatearen agerpen posiblea dela azpimarratzea garrantzitsua da.

3. METODOLOGIA

Errebisio honetarako bilaketa bibliografikoa hiru egun ezberdinetan eraman zen aurrera:

- 2018ko otsailaren 15ean, hurrengo datu-baseetan:
 - *Scielo*. Lehenengo bilaketan erabilitako hitz gakoak “*caffeine*” eta “*endurance sports*” izan ziren, “*AND*” operadore booleanoarekin konbinatuz. Ez zen filtrorik aplikatu bilaketa egiterakoan eta emaitza artikulu bakarra izan zen. Bigarren bilaketa batean, “*caffeine*” eta “*running*” hitz gakoak erabili ziren, “*AND*” operadore booleanoarekin konbinatuz. Ez zen filtrorik aplikatu bilaketa egiterakoan eta emaitza 3 artikulu izan ziren.
 - *Dialnet*. Erabilitako hitz gakoak “*caféina*” eta “*deportes de resistencia*” izan ziren, “*AND*” operadore booleanoarekin konbinatuz. Ez zen filtrorik aplikatu bilaketa egiterakoan eta emaitza 5 artikulu izan ziren.
- 2018ko otsailaren 20an, *PubMed* datu-basean. Erabilitako hitz gakoak “*caffeine effects*” eta “*endurance running*” izan ziren, “*AND*” operadore booleanoarekin konbinatuz. Ez zen filtrorik aplikatu bilaketa egiterakoan eta emaitza 49 artikulu izan ziren.
- 2018ko otsailaren 28an, *Researchgate* datu-basean. Erabilitako hitz gakoak “*caffeine effects*” eta “*endurance running*” izan ziren, “*AND*” operadore booleanoarekin konbinatuz. “*Articles*” filtroa aplikatu zen bilaketa egiterakoan eta emaitza 35 artikulu izan ziren.



1. Irudia. Ikerketen deskarteen fluxu-diagrama (elaborazio propioa).

3.1. Onartzeko irizpideak

Errebisioan onartzeko irizpideak hurrengo hauek ziren: bakarrik ingelesez edo gaztelera idatzitako artikulua hartuko ziren kontuan, eta ikerketa guztiak gizakietan eginak izan behar ziren. Artikuluek oinezko erresistentziako lasterketan kafeinaren efektuei buruz ikertu behar dute (gaitasun aerobikoari, lasterketa distantziari, antzemandako nekeari... dagokienez) eta azken hamar urteetan publikaturik egon behar dute (2008 eta gero).

3.2. Ez onartzeko irizpideak

Beste hizkuntzatan idatzitako artikuluak (txineraz, portugesez, holandesez) baztertuak izan ziren eta arratoietan egindakoak ere bai. Kafeina eta beste substantzia batzuen (*ginseng*-a, *Yerba Maté*, taurina, karbohidratoak, bikarbonatoa, sakarosa eta kreatina) konbinaketari buruz ikertzen duten artikuluak ez ziren onartu, ezta erresistentziako beste kirol batzuetan eginikoak ere, txirrindularitza, arrauna eta igeriketa bezala. Nahiz eta oinezko lasterketari buruzko artikulu ugari aurkitu, askok gaitasun anaerobikoari edo abiadura lasterketari buruz ikertzen zuten, eta hauek ere baztertuak izan ziren.

3.3. Aukeratutako ikerketak

Onartzeko eta ez onartzeko irizpideak aplikatu ostean, 6 izan ziren aukeratutako ikerketak. Horien ezaugarriak hurrengo taulan laburtuta agertzen dira:

2. Taula. Aztertutako artikuluen ezaugarriak (elaborazio propioa).

TITULUA	AUTOREAK	URTEA	ARGITARATUA	IKERKETA MOTA
Acute effects of caffeine intake on athletic performance: A systematic review and meta-analysis	Gonçalves Ribeiro, B., Pontes Morales, A., Sampaio-Jorge, F., de Souza Tinoco, F., Alegre de Matos, A., Costa Leite, T.	2017	<i>Revista Chilena de Nutrición</i>	Errebisio sistematikoa eta meta-analisia
Ayudas ergogénicas en el deporte	Santesteban Moriones, V., Ibáñez Santos, J.	2016	<i>Nutrición Hospitalaria</i>	Errebisioa

Effects of Consumption of a Beverage Containing Caffeine on Running Time Trial Performance	Nurul, A. A. K., Chen, C. K.	2013	<i>USM_JASPEX Online Journal</i>	Esperimentala
Effects of acute supplementation of caffeine on cardiorespiratory responses during endurance running in a hot & humid climate	Wong, C. P., Chen, C. K., Bandyopadhyay, A.	2010	<i>The Indian Journal of Medical Research</i>	Esperimentala
Ergogenic effect of varied doses of coffee-caffeine on maximal aerobic power of young African subjects	Lamina, S., Musa, D.I.	2009	<i>African Health Sciences</i>	Esperimentala
The Effects of Preexercise Caffeinated Coffee Ingestion on Endurance Performance: An Evidence-Based Review	Higgins, S., Straight, C. R., Lewis, R. D.	2016	<i>International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism</i>	Errebisioa

4. EMAITZAK

Artikuluen ezaugarri eta emaitzak banaka-banaka aztertuta agertzen dira.

1. Acute effects of caffeine intake on athletic performance: A systematic review and meta-analysis

Ikerketa honen helburua errendimendu atletikoan kafeinaren efektu akutuak ebaluatzeko literatura zientifikoa errebisatzea zen, bai testean lortutako korrikako distantzia maximo totala (2 ikerketa), bai ariketako erlojupeko errendimendua (7 ikerketa) eta bai ariketan zehar sortutako indar muskularra (4 ikerketa) kontuan hartuz. 13 ikerketa hauek 2010eko urtarrila eta 2015eko abenduaren bitartean argitaratuak izan ziren.

Hala ere, indar muskularrean dauden efektuak alde batera utziko dira oraingo errebisio honetarako, eta baita erlojupeko errendimenduan dauden efektuak ere, azken proba honetako ebaluazioa txirringularitzan eginda baitago. Beraz, errebisio honetan soilik burututako korrikako distantzia maximoan zentratuko gara.

Lagina 174 subjektuez osatua zegoen, eta beraien batz besteko adina 20.8 eta 36.2 urte artekoa zen ikerketa ezberdinetan. Ikerketa batek, aldiz, ez zituen parte hartzaileen adinak errebelatu. Kafeina dosi bezala ~2.5 eta 10 mg/kg (gorputzeko masa) artean erabili zituzten; ikerketa batek dosi finko bat erabili zuen lagin guztirako, kontsumitutako kafeina kantitatea laginaren batz besteko gorputz-masarengatik zatituz. Artikulu guztiek kafeina kapsulatan erabili zuten, eta errebisio sistematikoan eta meta-analisan barne hartutako ikerketen ezaugarri orokorrak 3. Taulan azaltzen dira.

3. Taula. Errebisio sistematikoan eta meta-analisan barne hartutako ikerketen ezaugarri orokorrak (Gonçalves *et al.*, 2017).

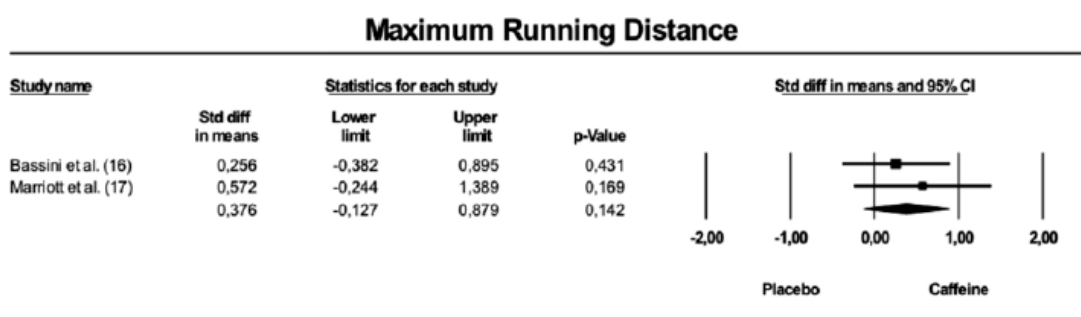
Reference	Form of ingestion	Subjects info	Caffeine dosage	Time of consumption pre-exercise (min)	Measurement Test	Measurement Unit	Mean ± SD Caffeine	Mean ± SD Placebo
Acker-hewitt <i>et al.</i> (21)	Capsule	10 male cyclists; 28 ± 9 years; 178 ± 6 cm; 73 ± 6 kg	3 (mg/kg)	60	Time Trial Performance	Seconds	2616 ± 294	2652 ± 270
Bassini <i>et al.</i> (16)	Capsule	19 soccer players	5 (mg/kg)	60	Maximum Running Distance	Meters	1540 ± 330	1449 ± 378
Bortolotti <i>et al.</i> (5)	Capsule	13 male cyclists; 26 ± 10 years; 176 ± 6 cm; 71 ± 9 kg	6 (mg/kg)	60	Time Trial Performance	Seconds	2181±194	2191±158
Desbrow <i>et al.</i> (18)	Capsule	16 male cyclists; 36.2 ± 8.3years; 180.9 ± 5.5 cm; 78.5 ± 6.0 kg	6 (mg/kg)	90	Time Trial Performance	Seconds	3791 ± 281	3902 ± 340
Glaister <i>et al.</i> (26)	Capsule	17 well-trained males; 24 ± 6 years; 182 ± 0.06 cm; 82.2 ± 6.9 kg	10 (mg/kg)	60	Muscle Power	Watts	1141±195	1133 ± 186
Irwin <i>et al.</i> (4)	Capsule	12 male cyclists; 28.3 ± 5.8 years; 183 ± 0.04 cm; 80.2 ± 6.6 kg	3 (mg/kg)	90	Time Trial Performance	Seconds	3443 ± 272	3572 ± 272
Marriott <i>et al.</i> (17)	Capsule	12 male; 20.8 ± 1.4 years; 183 ± 7 cm; 78.9 ± 5.4 kg	6 (mg/kg)	70	Maximum Running Distance	Meters	480 ± 113	413 ± 121
Silva <i>et al.</i> (23)	Capsule	10 male cyclists; 32.5 ± 9.8 years; 177.5 ± 6.09 cm; 78.1±13.9 kg	6 (mg/kg)	60	Muscle Power	Watts	1014 ± 179	983 ± 128
Skinner <i>et al.</i> (20)	Capsule	14 male cyclists; 31 ± 5 year; 75.4 ± 5.7 kg	6 (mg/kg)	60	Time Trial Performance	Seconds	3476 ± 97	3546 ± 123
Souissi <i>et al.</i> (24)	Capsule	12 male judoists; 21.08 ± 1.16 years; 1.76 ± 6.57 cm; 83.75 ± 20.2 kg	5 (mg/kg)	60	Muscle Power	Watts	935 ± 209	855 ± 221
Souissi <i>et al.</i> (25)	Capsule	13 active males; 21.1 ± 1.1 years; 177 ± 0.06 cm; 77.1±7.2 kg	5 (mg/kg)	60	Muscle Power	Watts	871 ± 69	863 ± 77
Spence <i>et al.</i> (22)	Capsule	10 male cyclists; 30 ± 2 years; 79.10 ± 1.65 kg	200 (mg)	60	Time Trial Performance	Seconds	4439 ± 153	4497 ± 153
Womack <i>et al.</i> (19)	Capsule	16 male cyclists; 25.0 ± 7.3 years; 178.2 ± 8.8 cm; 74.3 ± 8.8 kg	6 (mg/kg)	60	Time Trial Performance	Seconds	4344 ± 252	4566 ± 348

Dosiaren analisisia 4. Taulan adierazten da, dosiaren araberrako efektu-magnitueda parametro ezberdinekiko (testean lortutako korrikako distantzia maximo totala, ariketako erlojupeko errendimendua eta ariketan zehar sortutako indar muskularra).

4. Taula. Kafeinaren efektuen analisia korrikako distantzia maximoan, ariketako erlojupeko errendimenduan eta indar muskularrean (Gonçalves *et al.*, 2017).

	Maximum Running Distance			Time Trial Performance			Muscle Power		
	n	Effect size (95% CL)	p	n	Effect size (95% CL)	p	n	Effect size (95% CL)	p
Dosage									
6 mg/kg	1	-	-	4	-0.45 (-0.81 to -0.08)	0.01	1	-	-
> 6 mg/kg	-	-	-	-	-	-	1	-	-
< 6 mg/kg	1	-	-	3	-0.32 (-0.80 to 0.15)	0.18	2	0.26 (-0.29 to 0.81)	0.35

Kafeina ahorakinaren efektuei dagokienez korrikako distantzia maximoarengan, ikerketa bik yo-yo testa aplikatu zuten (atleten oxigeno kontsumo maximoa -VO₂max- eta korrikako distantzia maximoa estimatzeko diseinatutako zelai testa) subjektuek burututako korrikako distantzia maximoa ebaluatzeko. Autoreek erabilitako kafeina dosia 5 mg/kg eta 6 mg/kg (gorputzeko masa) eta ez zuten subjektuen korrikako distantzia maximoan hobekuntzarik aurkitu (efektu-magnitudea = 0.37, *p*= 0.14, interpretazioa: txikia; 3. Irudia). I2 estatistikak heterogeneotasun minimoa aurkeztu zuten ikerketen artean (I2= 0.00; *p*= 0.55).



3. Irudia. Korrikako distantzia maximoan kafeina ahorakinaren efektua ebaluatu zuten bi ikerketen efektu-magnitudea (Gonçalves *et al.*, 2017).

Beraz, emaitza eta ondorio gisa, kafeinaren suplementazioak ez du korrikako distantzia maximoa handiagotzen (efektu-magnitudea = 0.37, *p*= 0.14).

2. Ayudas ergogénicas en el deporte

Errebisio honek laguntza ergogeniko bezala zientifikoki eraginkortasuna demostratu duten gehigarri nutrizionalak aztertu zituen (kreatina, monohidratoa, β -hidroxi- β -metilbutiratoa, bikarbonato sodikoa, β -alanina eta kafeina), efizientzia, akzio mekanismoak, dosia, alboko efektuak eta hauen kontsumoaz baliatu daitezkeen kirolak aztertzearen helburuarekin.

Hala ere, gure errebisio honetarako soilik kafeinan zentratuko gara, gainontzeko beste substantzia guztiak albo batera utziz.

2. ikerketa honetarako bilaketa bibliografikoa *PubMed*-en egin zen, aztertutako substantziei buruzko azken 15 urteetako errebisioak eta azken 5 urteetako artikulak barne hartuz.

Kafeinaren inguruan hainbat aspektuei buruz ikertu egin zen:

a) KAFEINAREN FARMAKOZINETIKA

Kafeinaren farmakozinetikari dagokionez, badakigu aho bidez hartutako kafeinaren ia-ia %100a absorbitu egiten dela, ahorakinaren ostean 5 minututara odolean agertzen delarik. Hala ere, odol kontzentrazio pikoa 40-60 minututara eskuratzen da eta bere bizitza plasmatikoa 3-10 ordu inguruan dabil. Gibelean CYP1A2 zitokromoaren bitartez metabolizatzen da, paraxantinan, teobrominan eta teofilinan transformatuz. Entzima honen aktibitatea faktore ezberdinen menpe dago, hala nola, sexua, adina edo tabakismoa, pertsona bakoitzean gehiago edo gutxiago eragingo dutenak. Azkenik, kafeina eta bere metabolitoak giltzurrun-bidetik kanporatzen dira.

b) KAFEINAREN AKZIO MEKANISMOA

Akzio mekanismoari dagokionez, substantzia honi errendimendua hobetzeko hainbat mekanismo egotzen zaizkio:

- Adenosinaren errezeptoreak antagonizatzen ditu, garunean, muskulu eskeletikoan eta ehun adiposoan aurkitzen direnak. Adenosina nerbio sistema zentralaren (NSZ) eta aktibitate neuronalaren inhibitzaile bat da eta ATParen larrialdiko sintesian esku hartzen du. Adenosinaren errezeptoreen blokeoak

adipozitoetan lipolisiaren gehikuntza bat eragiten duela ikusi da eta, beraz, odoleko gantz azido libreen areagotze bat. Honek muskulu barneko glukogenoaren aurrezpen batera gidatuko du. Beste alde batetik, garunean kafeinak NSZ-ren efektu estimulatzaile bat du eta transmisio sinpatikoa eta neurotransmisoreen askapena aktibatzeke gai da. Honek seinale nerbioen hedapena hobetzen du, kirolariaren indarra eta esfortzuaren pertzepzioa hobetzen direlako itxura emanez.

- Erretikulu sarkoplasmikotik kaltzioaren askapena potentziatzen du, ondorioz muskulu uzkurketaren gehikuntza ematen delarik.
- Na^+/K^+ -ATPasa-ren aktibitatea estimulatu eta neke muskularra gutxitzen du.

c) KAFEINA ETA KIROL ERRENDIMENDUA

Kirol errendimenduari dagokionez, erresistentzia aerobikoaren hobekuntza da zientifikoki gehien frogatutako kafeinaren efektua. Hobekuntza hau hainbat kirol aerobikotan demostratu da: txirrindularitzan, atletismoan, arraunean edo iraupen eskian. Kirol hauetan kafeina burututako lan totala handiagotzeko gai da, nekerainoko denbora handituz eta erresistentzia aerobikoko test bat egiteko behar den denbora gutxituz. Konkrétuki, atletismoan %1,5aren hobekuntzak ikusi dira 1500 m-ak bukatzeko betetako denboran eta %1,2koak 8 km-tako frogetan. Gainera, Rosales *et al.*-en (2015) ikerketa batean, zintan egindako ahitzerainoko froga batean abiadura aerobiko maximoan eta lortutako atalase anaerobikoan ere hobekuntzak ikusi ziren, 3 mg/kg kafeina hartuz proba hasi baino 30 minutu arinago.

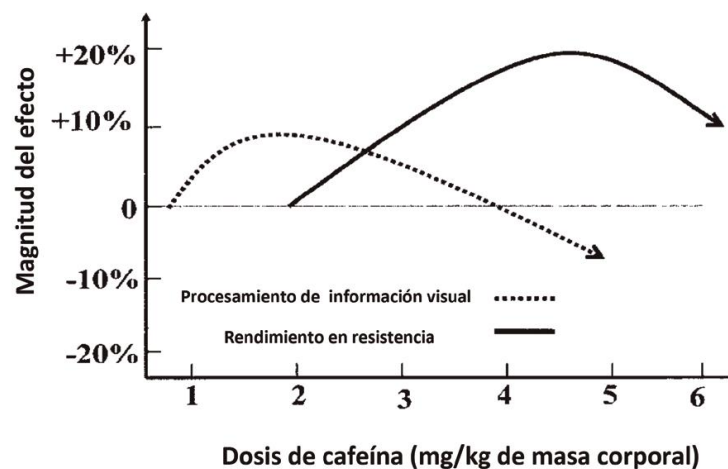
Ikerketa batzuek kafeinaren efektu analgesikoa aztertu dute eta kirolariak molestia handiak sufritzen dituzten proba luzeetan hauek arintzen lagundu dezakeela defendatzen dute, plazebo efektu posible bat guttiz baztertu barik. Zentzu honetan, Gonglanch *et al.*-en (2016) ikerketa batek kafeinak bakarrik molestiak moderatuak badira lagundu dezakeela sintoma hauek leuntzen, eta ez molestia gogorak badira, ondorioztatu du.

d) KAFEINAREN DOSIA

Kafeinaren dosiari dagokionez, 3-6 mg/kg arteko dosi bat administratzea, ariketa baino ordubete arinago, eta ariketan zehar gutxi gorabehera 20 minuturo 0,75-2 mg/kg arteko dosia hartzea suplementazio jarraibide egoki bat bezala iradoki dute

autoreek. Erresistentzia aerobikoan efektua edukitzeaz aparte, kafeina dosi baxuek (2 mg/kg) erreakzio denboran eta ikusmen bidezko informazioaren prozesamenduan onurak ekar ditzake, atezain batentzat adibidez oso garrantzitsuak direnak (4. Irudia). Beraz, kafeinaren efektu akutu bati buruz hitz egin dezakegu.

Gainera, 6 mg/kg baino dosi handiagoek alboko efektu negatiboak pairatzeko probabilitatea handiagotzen dutela ikusi da. Hala ere, indibiduo bakoitzean kafeina kantitate berak eragin oso ezberdina izan dezakeela gogoratzea beharrezkoa da, substantzia honekiko ohitze mailaren eta CYP1A2-aren aktibitatearen arabera.



4. Irudia. Kafeinak bai ikusmen bidezko informazioaren prozesamenduan (erreflexuak) eta bai erresistentzia aerobikoan eragiten du (Santesteban eta Ibáñez, 2017).

e) KAFEINAREN ALBOKO EFEKTUAK

Nahiz eta kafeina ahorakin txikiak seguruak kontsideratu daitezkeen, dosi altuago batzuk bihotz maiztasun eta presio arterialaren igoera, insomnia, dardarak, buruko mina, antsietatea, dependentzia edo arazo gastrointestinalekin erlazionatuta daude, eta sintoma guzti hauek efektu ergolitiko bat izan dezakete.

Kafeinaren efektu kantzerigeno potentzialari dagokionez, ikerketa gehienek ez dute erlaziorik topatu ohiko kafeina kontsumo (egunean hiru kafe gutxi gorabehera) eta minbiziaren garapenaren artean. Hala ere, kafeak edo teak potentzialki antikantzerigenoak diren eta efektu hau neutralizatu dezaketen beste osagai batzuk dituztela zehaztu behar da.

Azkenik, kafeinak efektu diuretiko bat duela gogorarazi behar da, kirolerako kaltegarria izan daitekeena, non hidratazio maila egokia ezinbestekoa den errendimendu fisiko on baterako. Zhang *et al.*-ek 2014an argitaratutako metaanalisibatean kafeinaren efektu diuretikoa emakumezkoetan gizonezkoetan baino 6 aldiz handiagoa dela ondorioztatu zen, eta alde handi hau emakumeek CYP1A2-aren aktibitate baxuago bat aurkezten dutelako gertatzen dela, beraz kafeina motelago metabolizatzen dutelako eta efektu diuretikoa denboran gehiago luzatzen delako. Hala ere, kirolariek aurrera eramandako ikerketetan ez dute deshidratazio sintomarik antzeman, ezta erresistentzia aerobikoko probetan ere. Honen azalpen posible bat ariketa fisikoak berak efektu antidiuretiko bat duela izan daiteke, arteriola renalen estutze bat sortzen duen aktibazio sinpatiko-adrenal baten bitartez, filtrazio glomerular tasa gutxituz.

3. Effects of Consumption of a Beverage Containing Caffeine on Running Time Trial Performance

Ikerketa honek kafeina duen edari baten kontsumoaren efektuak aztertu zituen, oinezko lasterketan erlojupeko errendimenduan, erresistentziako oinezko lasterketan aldaketa fisiologiko zehatz batzuk determinatzeko. Edari kafeinatuaren suplementazioa Nescafe 3-in-1® izan zen, eta plazebo bezala Nescafe® edari deskafeinatua eman zen, ausaz, biak ariketa egin baino ordubete arinago.

Entsegu askok kafeina intentsitate, iraupen eta modalitate ezberdineko ariketa fisikorako laguntza ergogenikoa dela demostratu dute populazio atletikoan (Bell & McLellan, 2002; Graham, 2001). Populazio honetan kafeina ahorakinarekin erlazionatutako onurak, nekearen pertzepzio atzeratua (Jackman *et al.*, 1996), min eta ahitzearen sentrazio murriztuak (Bell & McLellan, 2002), ahitzerainoko denboraren gehikuntza (Graham & Spriet, 1991), gantz azidoen oxidazioaren igoera, atentzioaren, energia subjektiboaren sentrazioa eta kontzentratzeko ahalmenaren igoera, besteak beste, izan ziren.

Kafeinaren efektua erresistentzian ere ikertu egin zen. Kafeinak fosfodiesterasa inhibitzen du katekolaminen askapena bultzatzearen bitartez eta lipasen aktibitate hormonekiko sentikortasuna handiagotzen du ere bai, honek gantz azido askeen zirkulazio handiago eta erresistentziaren hobekuntza batera gidatzen duelarik. Kafeina sarri era akutu batean erabilia izan da, ariketa fisikoa egin baino lehen, nekea atzeratzeko eta ondorioz errendimendu atletikoa hobetzeko intentzioarekin, batez ere erresistentzia ariketetan. Ordubate baino gehiagoko erresistentzia aerobikoko jarduera luzeetan kafeinaren efektu ergogenikoa ebaluatu duten hainbat ikerketek efektu onuragarriak erakutsi dituzte.

5 mg kafeina gorputzeko masa kilogramoko ahorakinak erresistentziako oinezko lasterketa errendimendua hobetzen du, baina ez du inongo efektu esanguratsurik parametro kardiorrespiratorioetan baldintza bero eta hezeetan berora ohitutako aisialdiko korrikalarientzat (Wong *et al.*, 2010).

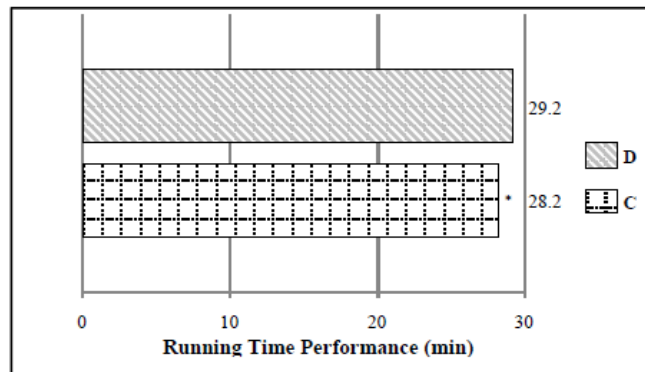
Kafeinak nagusiki erresistentziako iraupen luzeko ariketan %20-50 inguruan eta atsedeneko tasa metabolikoa eragiten duela demostratu du (Graham eta Spriet, 1995). Ikerketarik gehienek protokolo bera erabili dute: kafeina ariketa egin baino 60 minutu arinago hartu absortzio maximoa ziurtatzeko. Hala ere, kafeinak ariketa baino 15-30 minutu arinago hartzearekin ere errendimendua hobetu dezakeela demostratu da (Goldstein *et al.*, 2010). Kafeinaren efektua erresistentzian ikerketa baten eman zen ezagutzera, non handiagotze nabarmen bat (%44a) egon zen erresistentziako oinezko lasterketaren errendimenduan atletek 9 mg/kg kafeina hartzean, ariketa fisikoa egin baino ordubete lehenago (Graham eta Spriet, 1991).

3. artikuluko honetako ikerketako parte hartzaileek (aisialdiko zortzi gizonezko korrikalari, 22 ± 0.8 years, VO_{2max} : 52.1 ± 3.3 ml.kg⁻¹.min⁻¹) ikerketa aleatorio gurutzatu eta plazebo-kontrolatua burutu zuten. Bi saiakera egin behar zituzten zintan, ordubete arinago edari kafeinatua edo plazeboa (deskafeinatua) hartzen zutelarik. Edariak 250 ml-koak ziren, bai kafeinatua eta baita deskafeinatua ere.

Aurretik beste saiakera bat egin behar zuten zintan (familiarizazio saiakera) oxigeno kontsumo maximoa zehazteko. Parte hartzaileek saiakera honetan *Astrand* Protokolo Moldatua bete behar zuten, non inkrementalki ahitzeraino egin behar zuten korrika zintan.

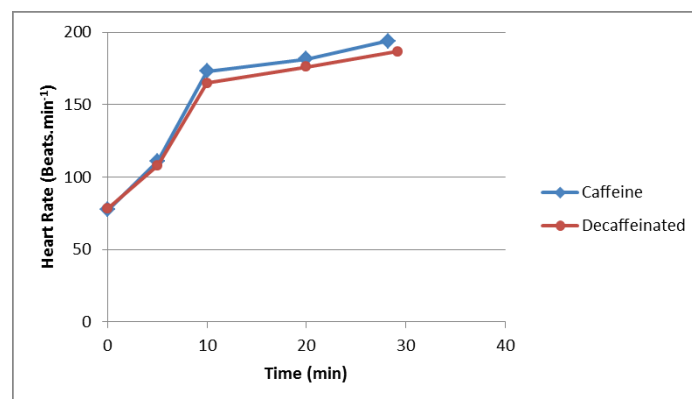
Gero, bi saiakeren artean zazpi egunetako atseden tartea uzten zen. Saiakera hauetan parte hartzaileek 5 km bete behar zituzten ahalik eta denbora laburrenean. Bitartean bihotz maiztasuna, gorputz tenperatura, gelako tenperatura, antzemandako neke indizea (*Borg-en Eskala*) (Borg, 1998) eta oxigeno kontsumoa hartzen ziren 10 minuturo. Gainera, parte hartzaileen gorputz biluzien pisuak ere neurtu egiten ziren saiakera aurretik eta ostean.

Emaitza bezala, korrikako errendimendua nabarmenki laburragoa izan zen saiakera kafeinatu (C) deskafeinatuarekin (D) konparatuz. 5 km-ak betetzeko denborak C eta D saiakeretan 28.2 ± 3.3 min eta 29.2 ± 3.4 min izan ziren, hurrenez hurren (5. Irudia).



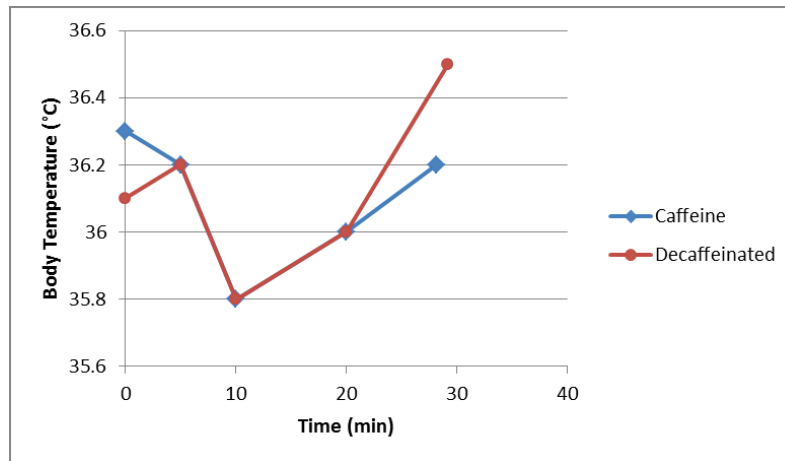
5. Irudia. Saiakera kafeinatu (C) eta deskafeinatu (D) parte hartzaileek behar zituzten denborak (Nurul eta Chen, 2013).

Bihotz maiztasuna saiakera bietan era esanguratsuan igo zen. Proba bukatzean parte hartzaileen batzuetan besteko bihotz maiztasuna C eta D-n 193.9 ± 9.6 eta 186.6 ± 8.8 taupada.min⁻¹ izan zen, hurrenez hurren (6. Irudia).



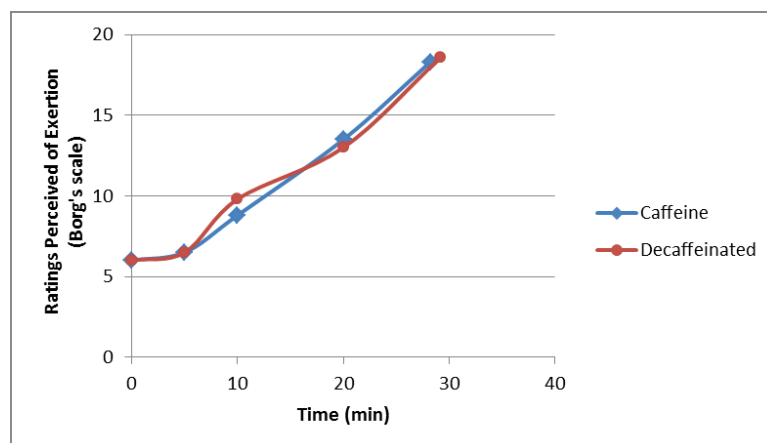
6. Irudia. Parte hartzaileen bihotz maiztasuna (taupada.min⁻¹) C eta D saiakeretan (Nurul eta Chen, 2013).

Ez zen aldaketa esanguratsurik egon gorputzeko tenperaturan bai C eta bai D saiakeretan. Proba bukatzean parte hartzaileen batz besteko gorputz tenperatura C eta D saiakeretan 36.2 ± 0.8 eta 36.5 ± 0.8 °C izan zen, hurrenez hurren (7. Irudia).



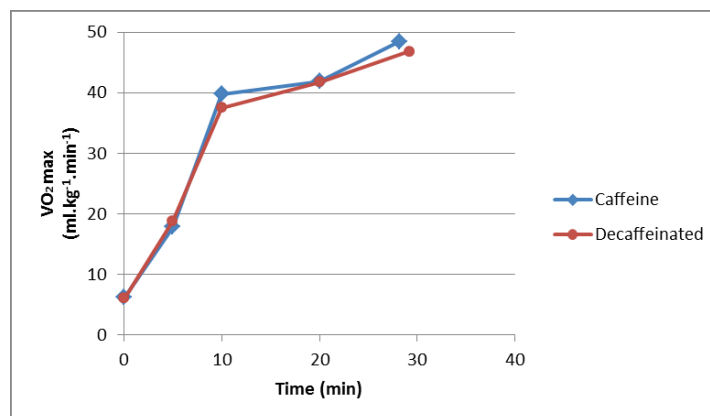
7. Irudia. Parte hartzaileen gorputz tenperatura C eta D saiakeretan (Nurul eta Chen, 2013).

Antzemandako neke indizea (RPE) nabarmenki handitu zen bai C eta bai D saiakeran. Parte hartzaileen batz besteko RPEa C eta D saiakerak bukatzean 18.3 ± 2.4 eta 18.6 ± 2.0 Borg-en unitate izan ziren, hurrenez hurren (8. Irudia).



8. Irudia. Parte hartzaileen RPEa (Borg-en eskala) C eta D saiakeretan (Nurul eta Chen, 2013).

Oxigeno kontsumoa nabarmenki igo zen bai C eta bai D saiakeretan. Parte hartzaileen batz besteko oxigeno kontsumoa C eta D saiakerak bukatzean 48.5 ± 8.1 eta 46.8 ± 8.0 ml.kg⁻¹.min⁻¹ izan ziren, hurrenez hurren (9. Irudia).



9. Irudia. Parte hartzaileen oxigeno kontsumoa ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) C eta D saiakeretan (Nurul eta Chen, 2013).

Bihotz maiztasuna, antzemandako neke indizea eta oxigeno kontsumoa denborarekin igo egin ziren bi saiakeretan, eta ez zen ezberdintasun esanguratsurik egon saiakeren artean. Gorputz tenperaturaren ere ez zen ezberdintasunik egon. Egungo aurkikuntzek, beraz, edari kafeinatu bat (Nescafe 3-in-1) saiakera esperimentalak baino ordubete lehenago hartzeak aisialdiko atletetan saiakera denbora hobetu dezakeela erakusten dute. Hala ere, saiakeran zehar ez dute inongo efektu esanguratsurik atera bihotz maiztasunean, antzemandako neke indizean, gorputz tenperaturaren ezta oxigeno kontsumoan ere.

4. Effects of acute supplementation of caffeine on cardiorespiratory responses during endurance running in a hot & humid climate

Artikulu honetan ikertzaileek kafeina suplementazio akutuaren efektuak aztertu zituzten erresistentziako korrika bitarteko erantzun kardiorrespiratorioetan aisialdiko gizonezko korrikalarietan, inguru bero eta hezean.

3-6 mg kafeina gorputzeko masa kg-ko ahorakinak eta honen dosi altuagoak efektu ergogeniko berdinak izango ditu (Graham *et al.*, 1998). 5 mg-ko kafeina dosiak gorputzeko masa kg-ko erresistentziako errendimendua hobetzeko efektu konsistenteagoa erakutsi du (Tryce eta Haymes, 1995).

Aisialdiko bederatzi gizonezko korrikalari malasiar (adina: 25.4 ± 6.9 urte) rekrutatu zituzten plazebo-kontrolatutako ausazko ikerketa itsu-bikoitz honetan. Subjektu guztiak kafeina ez kontsumitzaile bezala sailkatuta zeuden (23.7 ± 12.6 mg/day).

Subjektu bakoitza bost aldiz joan zen laborategira, lehenengo hiru bisitak saiakera aurreko testak egiteko eta beste biak saiakera esperimentaletarako. Saiakera aurreko lehenengo bisita oxigeno kontsumoaren neurketa egiteko erabili zen, korrika abiadura submaximo ezberdinetan, eta bigarrena, aldiz, VO_{2max} -a neurtzeko. Saiakera bi hauek subjektuaren VO_{2max} -aren %70ari zein abiadura zegokion zehazteko balio izan zuten, eta abiadura hau saiakera esperimentalen abiaduratzat erabili zen gero. Hirugarren saiakeran subjektuak erresistentziako test protokolora ohituak izan ziren tenperatura altuan ($31^{\circ}C$, %70eko hezetasun erlatiboa). Saiakera guzti hauen artean gutxienez 3 eguneko marjina uzten zen. Saiakera esperimentaletarako subjektu bakoitzak birritan bisitatu zuen laborategia, egun bien artean gutxienez 7 egunetako tarte errespetatuz suplementuaren, kasu honetan, kafeinaren, efektua anulatzeko.

Subjektuek monitorizatutako zintan egin zuten korrika, 4 abiadura ezberdinetan (7, 8, 9 eta 10 km/h). Abiadura bakoitzean 4 minutuz egin zuten korrika eta abiadura 1 km/h igotzen zen behin 4 minutuak pasatuta. Bihotz maiztasuna eta antzemandako neke indizea (RPEa) 4 minutuko etapa bakoitzeko azkeneko minutuan neurtuak izan ziren, eta espiratutako airea eta bihotz maiztasunaren erantzunak, aldiz, bi minuturo. Deshidratazioaren efektuei aurre egiteko, 20 minuturo subjektuei 3 ml ur gorputzeko masa kg-ko ematen zitzaizkien.

Ura (500 ml) eta ogi zati bat (89 kcal) eman zitzaizkion subjektu bakoitzari, saiakera esperimentala hasi baino ordu bete lehenago, jesarritako postura eroso batean. Honez gain, kafeina edo plazebo kapsula bat ere hartu zuten, ausaz eta itsu-bikoitz metodoa jarraituz. Fredholm *et al.*-en ikerketak (1999) kafeinaren odol kontzentrazio maila maximoa hartu eta ordu bete geroago lortzen zela erakutsi zuen; horregatik, saiakera esperimentaletan ordu bete arinago hartzen zein kafeina, efektu optimoa lortzeko.

Bihotz maiztasuna, gorputz zentroko tenperatura, gelako tenperatura, hezetasun erlatiboa eta antzemandako neke indizea 10 minuturo monitorizatzen ziren.

Subjektuek beraien VO_{2max} -aren %70ean egiten zuten korrika “ahitze boluntariora arte”, hau da, eskatzen zitzaien abiadura korrika gehiago egin ezin zuten arte. Puntu honetan, benetan ahituta zeudela ziurtatzeko, abiadura beraien VO_{2max} -aren %60ra jaisten zen 2 minutuz, eta ondoren berriro %70era igotzen zen, subjektuei ahal beste korrika egiteko animatzen zitzaien bitartean.

Eraitza bezala, batz besteko nekerainoko denbora plazebo (P) eta kafeina (C) saiakeretan 83.6 ± 21.4 min eta 110.1 ± 29.6 min izan zen, hurrenez hurren. Nekeainoko denbora C-n %31.6 altuagoa izan zen P-n baino ($p < 0.05$). Aurkikuntza honek 5 mg/kg kafeinako suplementazio akutuak berora aklimatatutako aisialdiko korrikalari kafeina ez kontsumitzaileetan, inguru bero eta hezean, efektu ergogenikoa zuela erakutsi zuen.

Saiakera bietan ariketan zehar bihotz maiztasunaren igoera gradual bat egon zen, bi saiakeren artean ezberdintasun nabaririk erakutsi gabe. Hala ere, ariketan zehar saiakera bietan bihotz maiztasun pikoa nabarmenki altuagoa izan zen atsedenekoarekin konparatuz ($p < 0.001$) (5. Taula). Bihotz maiztasunaren igoera gradual hau erresistentziako ariketan gorputzaren eskakizunaren igoeragatik azaltzen zen.

5. Taula. Subjektuen bihotz maiztasuna ($\text{taupada} \cdot \text{min}^{-1}$) plazebo eta kafeina saiakeretan (Wong *et al.*, 2010).

Trial	Resting	Heart rate (beats/min)					Exhaustion
		Exercise (min)					
		10	20	30	40	50	
Placebo	67 ± 5.7	157 ± 18.3	162 ± 16.8	165 ± 16.8	167 ± 15.2	170 ± 13.7	$172 \pm 9.6^*$
Caffeine	68 ± 5.0	158 ± 17.9	164 ± 13.9	166 ± 11.4	168 ± 11.1	173 ± 11.2	$182 \pm 9.9^*$

Value are mean \pm SD (n=9)
* $P < 0.001$ between resting and exhaustion values in the respective trial

Oxigeno kontsumoari dagokionez, saiakera bietan igoera gradual bat pairatu zuen. Atsedeneko balioekin konparatuz, saiakera bietan era esanguratsuan igo zen ($p < 0.001$) (6. Taula). Ez zen ezberdintasun nabarmenik egon oxigeno kontsumoan ariketan zehar saiakera bien artean.

Gorputz zentroko tenperatura ere nabarmenki igo zen ($p < 0.001$) ariketaren ostean, atsedeneko balioekin konparatuz. Hala ere, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu plazebo eta kafeina saiakera esperimentalen artean (6. Taula). Ez zen erlazorik aurkitu denbora eta suplementuen artean gorputz zentroko

temperaturan saiakeretan zehar. Aurkikuntza hau Roti *et al.*-ekin (2006) bat etorri zen, zeinek gorputzeko erantzun termoerregulatorioetan ez zuen aldaketa esanguratsurik topatu erresistentziako ariketan zehar kafeina suplementazio kronikoaren ostean, inguru bero eta hezean. Ildo berean, Millard-Stafford *et al.*-ek (2007) temperatura altuetan kafeinak edo kafeinadun kirol edariak erresistentziako ariketan zehar hidratazioa mantentzen zutela ondorioztatu zuten. Antzeko ikerketek 10 mg/kg gorputzeko masako kafeina ahorakinak VO₂ pikoan, bihotz maiztasunean, izerdi tasan eta uzki-temperaturan garrantzizko efekturik eragin ez zituela ikusi zuten, beroarekiko tolerantzia test batean zehar inguru bero eta hezean (Dunagan *et al.*, 1998; Rivera-Brown *et al.*, 2007).

6. Taula. Subjektuen parametro fisiologikoak plazebo eta kafeina saiakeretan (Wong *et al.*, 2010).

Trial	VO ₂ (ml/kg/min)		Core body temperature (°C)	
	Resting	Peak	Resting	Peak
Placebo	7.3 ± 1.3	35.8 ± 5.0 [#]	36.5 ± 0.3	39.2 ± 0.3 [#]
Caffeine	7.5 ± 1.5	36.9 ± 3.8 [#]	36.6 ± 0.4	39.8 ± 0.5 [#]

Value are mean ± SD (n=9)
[#]P<0.001 between resting and peak values in the same trial

Ariketa fisikoan zehar, subjektuek beraien sentrazioak zenbaki eskala baten bidez espresatu zituzten, *Borg*-en eskalaren bidez, hain zuzen, beraien neke maila edo RPEa adierazteko (7. Taula). C saiakerak neke txikiagoarekin ariketa mantentzen lagundu zien subjektuei: ezberdintasun nabarmena egon zen RPEan bi saiakeren artean ($p < 0.05$). Antzemandako neke indizea, hala ere, nahiko handitu zen ($p < 0.001$) 10 minututatik testaren bukaera arte. C saiakeran eman zen RPE baxuagoa seguru asko kafeinak nerbio-impulsoaren transmisioan duen efektu positiboarengatik eta, era berean, duen efektu analgesiko eta psikologikoagatik eman zen (Birnbbaum eta Herbst, 2004; Anderson *et al.*, 2000; Cole *et al.*, 1996; Davis *et al.*, 2003). Hau izan zen beharbada subjektuek zintako lasterketa C saiakeran P saiakeran baino denbora luzeagoan zehar ($p < 0.05$) mantendu ahal izatearen arrazoia.

7. Taula. Subjektuen RPEa ariketan zehar bi saiakeretan(Wong *et al.*, 2010).

Time (min)	Placebo	Caffeine
10	10.6 ± 2.4	9.6 ± 2.0
20	12.0 ± 2.3	11.0 ± 2.2
30	13.0 ± 2.6	11.7 ± 2.1*
40	14.2 ± 2.5	12.4 ± 1.1*
50	15.3 ± 2.7	13.5 ± 1.8*
60	16.7 ± 2.6	14.1 ± 2.2*
End of the trial	19.6 ± 0.5 [#]	19.6 ± 0.2 [#]

**P*<0.05 between trials
[#]*P*<0.001 between resting and peak values in the same trial

Ondorio bezala, emaitzek 5 mg kafeina gorputzeko masa kg-ko ariketa fisikoa baino ordubete lehenago hartzeak erresistentziako oinezko lasterketa errendimendua hobetzen zuela erakutsi zuten, kafeina ez kontsumitzaileen artean inguru bero eta hezean, baina ez zuela eragin esanguratsurik beste parametro kardiorrespiratorioetan tenperatura altuetara ohitutako aisialdiko korrikalarietan.

5. Ergogenic effect of varied doses of coffee-caffeine on maximal aerobic power of young African subjects

Ikerketa honek kafeinaren dosi ezberdinen (5, 10 eta 15 mg.kg⁻¹) efektua gizonezko gazte afrikar (nigeriar) beltz helduen potentzia aerobiko maximoan neurtzea zuen helburu.

Kafeinaren efektu ergogenikoaren inguruan aurretik egindako ikerketak anbiguoak izan dira, gehienbat laborategira zuzenduak eta subjektu zuri edo beltz ez afrikarretan eginak, eta ikerkuntzak kafeinaren farmakodinamikan eta farmakozinetikan arrazen arteko eta pertsonen arteko aldeak demostratu ditu (Graham *et al.*, 1994; Gamba, 2001). Beraz, ikerketa hau afrikar beltzetan (subjektu nigeriarrak) kafeina dosi ezberdinen efektu ergogenikoa ikertzeko diseinatu zen, gaitasun aerobiko maximoko zelai test bat erabiliz (*20 meter shuttle run test*).

20 gizonezko gaztek (adina: 18-23 urte) parte hartu zuten, era boluntarioan. Ez ziren atletak, ezta kafeinaren ohiko kontsumitzaileak, ezta erretzaileak eta itxuraz

osasuntsuak ziren. Datuen bilketarako lau aldiz egin zuten korrikako testa, ausaz eta itsu-bikoitz metodoa erabiliz. Subjektuek *20 meter shuttle run test*-a (20 MST) kafeina (5, 10 eta 15 mg.kg⁻¹) edo plazebo hartu eta ordubete geroago burutu zuten. Erresistentziako errendimendu indizea (VO_{2max}, korrika denbora eta ariketa buelta kopurua) neurtua eta grabatua izan zen. Metaketa efektua ekiditeko, kafeina eta plazebo dosi ezberdinen (5, 10 eta 15 mg.kg⁻¹) ahorakinak, testarekin batera, 7 eguneko tartearekin banandu ziren.

Neurketa fisiologikoari dagokionez, subjektuen odol presio sistolikoa (SBP), odol presio diastolikoa (DBP) eta bihotz maiztasuna (HR) eskuineko besoan monitorizatuak izan ziren. Neurketa hau goizeko 9 eta 10ak artean egin zen test egun bakoitzean.

Testa goizeko 8 eta 10ak artean egiten zen. Subjektuak zelaira heldu, 10 minutu atsedean hartzen zituzten jesarrita eta ondoren SBPa, DBPa eta HRa neurtzen zitzaizkien. Jarraian, ausaz, subjektuek kafeina edo plazebo dosiak hartzen zituzten (5, 10 eta 15 mg.kg⁻¹), eta beste 60 minutuz jesarrita jarraitzen zuten. Robertson *et al.*-en (1981) arabera, kafeinaren plasma kontzentrazio pikoa hartu eta ordubetera lortzen da, dosiarekiko independente. Beraz, 60 minutu hauek pasa ostean, subjektuek 5 minutuz beroketa egiten zuten (trote lasaia eta luzaketa ariketa orokorrak) eta prest zeuden 20 MST testerako.

20 MST testerako 20 metroak klarionaz markatutako marrek mugatzen zituzten. Testa burutzeko grabazio bat erabili zen, 5 segundotako atzerako kontaketa zuena (5, 4, 3, 2, 1) eta *Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run* (PACER) protokoloa zerabilena. Hasteko jarraibideak ere ematen zituen zintak. 20 MST testa erresistentzia eta kondizio fisiko kardiorrespiratorioa neurtzeko metodo baliagarri eta errepikagarria da (Ledger *et al.*, 1989).

Subjektu bakoitzak betetako buelta kopurua eta burututako denbora grabatua izan zen, baita kondizio fisiko kardiorrespiratorioa ere, Reunsbottom, Brewer eta Williams-en hurrengo formula erabiliz:

$$VO_{2max} = 14.4 + 3.48 (\text{betetako minutua})$$

Testaren iraupen totala lau astetakoa izan zen (astean behin), ausaz lau substantzia hartuz (5, 10, 15 mg.kg⁻¹ eta plazeboa).

Emaitzak ezagutu aurretik, 8. Taulak kafe kantitatea eta kafeina baliokideak erakusten ditu.

8. Taula. Kafe kantitatea eta kafeina kopuru baliokidea (Lamina eta Musa, 2009).

Variables	Mean(mg)coffee	Mean (mg) caffeine
placebo	0	0
5mg.kg ⁻¹	3198.66	299.5
10 mg. kg ⁻¹	6397.32	599
15mg. kg ⁻¹	9595.98	898.5

Kafeina dosien eta plazeboaren arteko ezberdintasunak ebaluatzeko neurketa errepikatuak erabili ziren (ANOVA), bai VO_{2max}-ean, bai lasterketa denboran eta bai ariketa buelta kopuruan.

Ikerketaren emaitzek ez zuten kafeinaren efektu ergogenikorik adierazi erresistentziako errendimendu maximo laburrean. 9. Taulak ez du efektu esanguratsurik erakusten kafeina dosi ezberdinetan plazeboaren gainean ez buelta kopuruan (F[3,19]=3.13, p=0.735), ez lasterketa denboran (F[3,19]=3.13, p=0.873) ezta VO_{2max}-ean (F[3,19]=3.13, p=0.873) ere.

9. Taula. Jarduera errendimendu erantzunak kafeina dosi ezberdinekiko (ANOVA) (Lamina eta Musa, 2009).

Variables	Source of variation	SS	DF	MS	F	p
No of laps	Between Trials	3	3	2	0.427	.735NS
	Within Trials	131	19	7		
	Interaction	131	57	2.3		
Run time	Between Trials	0.04	3	0.01		
	Within Trials	3.1	19	0.2	0.233	.873NS
	Interaction	3.1	57	0.05		
VO ₂ max	Between Trials	0.5	3	0.15	0.233	.873NS
	Within Trials	37.2	19	2		
	Interaction	37.2	57	2		
F _(3,19) = 3.13, p < 0.05				NS= Not significant		

Beraz, 5, 10 eta 15 mg/kg-ko kafeina dosiak antza gizon gazte afrikar helduen potentzia aerobiko maximoan (VO_{2max}), lasterketa denboran eta ariketa buelta kopuruan efektu ergogenikorik ez daukala ondorioztatu zen.

6. The Effects of Preexercise Caffeinated Coffee Ingestion on Endurance Performance: An Evidence-Based Review

Ikerketa honen helburua hirukoitza izan zen: 1) erresistentziako jardueran ariketa aurreko kafearen efektuak ebaluatzea, 2) kafearen efektuak erresistentziako jardueran zehar antzemandako nekean ebaluatzea, eta 3) atletentzat erabilgarria den informazioan eraldatzea ikerketa, erabaki jakitun bat hartu dezaten kafeinaren hartzearen inguruan laguntza ergogeniko potentzial baten lez.

Errebisio honetan barne hartutako ikerketek ($n = 9$) kafe kafeinatuaren efektuak ebaluatu zituzten gizakietan, administratutako kafeina dosia hornitu, kafeina test aurretik ≥ 45 min hartu eta erresistentziako jardueraren neurketa bat (kasu honetan, erlojupeko proba) sartu zuten.

Hartutako dosiari dagokionez, ikertzaileek kafeinaren dosi ezberdinak aztertu dituzte hainbat kirolen praktikan. Ariketa aurreko kafeina dosi baxuetatik, 1 mg/kg bezala (Jenkins *et al.*, 2008), altuetara, 9 mg/kg-tik gora (Anderson *et al.*, 2000; Cohen *et al.*, 1996), errebisatu ziren, 6 mg/kg edo gutxiagoko kafeina dosiaren ahorakinak, ariketa aurretik 60 baino arinago ez hartuz, erresistentziako jarduera hobetzen zuela ondorioztatuz (Ganio *et al.*, 2009). Errebisatutako ikerketen barruan, emaitzak anbiguoak izan ziren, 6 mg/kg baino dosi altuagoekin ere errendimenduan hobekuntza gehiago zeudelako. Dosi altuagoak ere aztertuak izan ziren, Pasma eta laguntzaileek (1995) antzeko errendimendu hobekuntzak erakutsi zituztelarik bai 5 mg/kg, 9 mg/kg eta 13 mg/kg-ko kafeina dosiekin.

Errebisio honetan bederatzi ikerketa aleatorio kontrolatu (RCT), guztira 135 subjektuekin ($n = 135$), aztertu ziren. Erabilitako kafeina dosiak 3.0-tik 8.1 mg/kg-ra ibili ziren, era erregularrean (naturalean) elaboratutako kafe edo kafeina deshidratatua gehitutako kafe deskafeinatu bezala administratuz. Barne hartutako ikerketetan simulatutako erresistentzia kirolak txirrindularitza eta oinezko lasterketa izan ziren, eta modalitate hauetan intentsitate maila ezberdinak erabili ziren erresistentziako errendimendua baloratzeko.

Kafea eta erresistentziako jardueren arteko erlazioari dagokionez, hobekuntza esanguratsuak behatu ziren bederatzi ikerketatik bostetan, batz bestea %24.2-ko hobekuntzarekin kontrol taldearen gainetik ahitzerainoko saiakeretan (*exhaustion*

trials) eta %3.1-ekoarekin amaitzerako saiakeretan (*completion trials*). Ikerketak bai kafe kafeinatua eta bai kafeina deshidratatua zuenenan, bik ($n = 21$) kafeak onura ergogeniko antzekoak zituela erresistentziako jardueran kafeina deshidratatuaren ahorakinarekin konparatuz aurkitu zuten. Azkenik, era naturalean kafeinatutako kafea eta kafeina deshidratatua gehitutako kafe deskafeinatua konparatzean, lau ikerketek ($n = 71$) era naturalean kafeinatutako kafea erabiltzen zuten eta sei ($n = 73$) kafeina deshidratatua gehitutako deskafeinatutako kafea zerabilten. Era naturalean kafeinatutako kafea erabiltzen zuten lautik bi ikerketek ($n = 36$) erresistentziako errendimenduan hobekuntzak erakutsi zituzten kontrol taldearekin konparatuz. Kafeina deskafeinatua gehitutako deskafeinatutako kafeari begira, sei ikerketatik hiruk ($n = 30$) hobekuntzak erakutsi zituzten erresistentziako errendimenduan.

Kafea eta antzemandako nekearen arteko erlazioari dagokionez, sei ikerketatik hiruk kafeak antzemandako nekearen neurketak jardueran zehar era esanguratsuan jaisten zituela erakutsi zuten, kontrol taldeekin konparatuz ($p < 0.05$).

Ondorioz, eta errebisatutako ikerketetan oinarrituz, erresistentziako txirrindularitza eta oinezko lasterketan errendimendua hobetzeko kafea laguntza ergogeniko bezala erabiltzeko ebidentzia moderatua dago. 3-8.1 mg/kg kafeina duen kafea erabiltzea erresistentziako errendimendua hobetzeko deshidratatutako kafeinaren hautabide segurua dela ematen du.

5. EZTABAIDA

Ikerketa guztien emaitzak aztertuta, autore guztiak kafeinaren era askotariko efektuetan guztiz ados jartzen ez direla antzematen da. Honen arrazoi nagusiak ugariak izan daitezke: kafeinaren dosia, subjektuaren kirol maila eta subjektuen kafeinarekiko ohitze maila, besteak beste.

Kafeinaren farmakozinetikari dagokionez, ikertzaile guztiak ados daude kafeina hartzeko momenturik egokiena ariketa fisikoa egin baino 60 minutu arinago dela, orduan bere xurgapena bermatu eta kafeina pikoa lortuko baita odolean, Mielgo-Ayuso eta Urdampilletak idatzitako lanarekin (2015) ere ados daudelarik, nahiz eta ikertzaile bi hauek kafeina pikoaren tarte zabalago bat eskaini (45-90 min). Hala ere, kafeinak ariketa baino 15-30 minutu arinago hartzearekin ere errendimendua hobetu dezakeela demostratu zuten Goldstein *et al.*-ek (2010).

Kafeina dosiari dagokionez, autore batzuek (Santesteban eta Ibáñez, 2017) ariketa aurretik 3-6 mg/kg arteko dosi bat administratzea eta ariketaren bitartean (gutxi gorabehera 20 minuturo) 0,75-2 mg/kg arteko dosia hartzea iradoki dute suplementazio jarraibide egoki bat bezala. 6 mg/kg hauek baino dosi altuagoak hartzea efektu ergogeniko berdinak izango dituela baieztatzen dute Graham *et al.*-ek (1998), eta ez onura handiagorik, nahiz eta Higgins *et al.*-en (2016) arabera efektu ergogenikoak handiagotzen diren.

Beste batzuek, ordea, 5 mg/kg-ko kafeina ahorakinak erresistentziako oinezko lasterketa errendimendua hobetzen duela ziurtatzen dute (Tryce eta Haymes, 1995; Pasma *et al.*, 1995; Wong *et al.*, 2010; Nurul eta Chen, 2013). Pasma eta laguntzaileek, ordea, antzeko errendimendu hobekuntzak erakutsi zituzten bai 5 mg/kg, 9 mg/kg eta 13 mg/kg-ko kafeina dosiekin.

6 mg/kg baino dosi handiagoek alboko efektu negatiboak pairatzeko probabilitatea handiagotzen dutela ikusi zuten Santesteban eta Ibáñez-ek (2017). Hala ere, Graham eta Spriet-ek (1991) erresistentziako oinezko lasterketaren errendimenduan %44-ko hobekuntza bat ikusi zuten 9 mg/kg kafeina hartu ostean. Hobekuntza hau oso handia da, handiegia beharbada, eta kafeina dosi nahiko altu batekin, eta beste faktore batzuen laguntza egon zitekeela iradokitzen du. 10 mg/kg-ko dosiari dagokionez, hau erabilita ez zen VO₂ pikoan, bihotz maiztasunean, izerdi

tasan eta uzki-tenperaturan garrantzizko efekturik aurkitu (Dunagan *et al.*, 1998; Rivera-Brown *et al.*, 2007).

10. taula. Kafeina dosi ezberdinen efektua autore ezberdinen arabera (elaborazio propioa).

DOSIA	AUTOREAK	EFEKTUA
3-6 mg/kg	Santesteban eta Ibáñez, 2017	+ 0,75-2 mg/kg ariketan zehar 20 minuturo, errendimendua hobetu
5 mg/kg	Tryce eta Haymes, 1995; Pasman <i>et al.</i> , 1995; Wong <i>et al.</i> , 2010; Nurul eta Chen, 2013	Oinezko lasterketa errendimendua hobetu
> 6 mg/kg	Graham <i>et al.</i> , 1998	< 6 mg/kg efektu berdinak
	Higgins, Straight eta Lewis, 2016	Efektu handiagoak
	Santesteban eta Ibáñez, 2017	Alboko efektu negatiboak pairatzeko probabilitatea handiagotu
9 mg/kg	Pasman <i>et al.</i> , 1995	5 mg/kg efektu berdinak
	Graham eta Spriet, 1991	Erresistentziako oinezko lasterketaren errendimenduan %44-ko hobekuntza
10 mg/kg	Dunagan <i>et al.</i> , 1998; Rivera-Brown <i>et al.</i> , 2007	VO ₂ pikoan, bihotz maiztasunean, izerdi tasan eta uzki-tenperaturan garrantzizko efekturik ez aurkitu
13 mg/kg	Pasman <i>et al.</i> , 1995	5 mg/kg efektu berdinak

Erresistentzia aerobikoari eta oxigeno kontsumoari dagokionez, kafeinak katekolaminen askapena bultzatzearen bitartez fosfodiesterasa inhibitzen duenez eta lipasen aktibitate hormonekiko sentikortasuna handiagotzen duenez, gantz azido askeen zirkulazio handiago eta erresistentziaren hobekuntza batera gidatuko du. Kafeinaren efektu positiboa erresistentzia kirol ugaritan frogatuta dago: txirrindularitzan, atletismoan (%1.5-eko hobekuntzak 1500 m-ak bukatzeko betetako denboran eta %1.2-koak 8 km-tako frogetan), arraunean eta iraupen eskian. Adibidez, Higgins *et al.* -ek (2016) erresistentziako errendimenduan hobekuntzak erakutsi zituzten kontrol taldearekin konparatuz, bai ahitzerainoko saiakeretan bai amaitzerainoko saiakeretan ere. Hala ere, Gonçalves *et al.*-ek (2017) ez zuten

korrikako distantzia maximoan hobekuntzarik aurkitu kafeina (5 eta 6 mg/kg) kontsumitu zuten subjektuengan.

Proba denborari dagokionez, ordea, Nurul eta Chen-ek (2013) kafeina hartu zutenen saiakeran 5 km betetzeko denbora nabarmen laburragoa izan zela ikusi zuten, edari deskafeinatua hartu zuten atletekin konparatuz. Autore hauek, ordea, ez zuten ezberdintasun esanguratsurik topatu oxigeno kontsumoari zegokionez bi taldeen artean, ezta Wong *et al.*-ek (2010) ere, bietan oso berdintsu handitu zen eta balio oso antzekoak lortu. Hala ere, azken autore hauek zintan korrika egiten atletek mantendu zezaketen denbora kafeina hartu zutenetan luzeagoa izan zela frogatu zuten, antzemandako neke txikiagoagatik beharbada.

Honi kontra eginez, Lamina eta Musa-k (2009) aurrera eramandako ikerketan burutu zuten *20 meter shuttle run test*-ean ez zuten kafeina dosi ezberdinen efektu ergogenikorik ikusi plazeboarekin konparatuz ez VO_{2max} -ean, ez lasterketa denboran, ezta ariketa buelta kopuruan (distantzia) ere.

Antzemandako esfortzuari edo nekearen pertzepzioari dagokionez, Nurul eta Chen-ek (2013) ez zuten diferentzia esanguratsurik topatu kafeinadun edaria eta deskafeinatua hartu zuten taldeen artean. Hala ere, Wong *et al.*-en (2010) arabera, lasterketa batean ahitzerainoko denbora nabarmen luzeagoa da (%31.6) kafeina hartu duten subjektuengan, plazeboa hartu dutenekin konparatuz, 5 mg/kg-ko kafeina dosiarekin. Autore hauek eta beste batzuek (Higgins *et al.*, 2016) aurkitu zutenaren arabera, kafeina hartu zuten subjektuek neke txikiagoarekin burutu ahal izan zuten ariketa, talde bien artean RPE-an ezberdintasun nabarmenak agertuz. Kafeinadun taldean eman zen RPE baxuagoa seguru asko kafeinak nerbio-impultsoaren transmisioan duen efektu positiboarengatik eta, era berean, duen efektu analgesiko eta psikologikoagatik eman zen (Birnbbaum eta Herbst, 2004; Anderson *et al.*, 2000; Cole *et al.*, 1996; Davis *et al.*, 2003).

Kafeinaren efektu analgesikoari dagokionez, ikertzaile batzuek kafeinak lasterketa luzeetan agertzen diren molestiak arintzen lagundu dezakeela defendatzen dute, nahiz eta balitekeen efektu hau plazebo hutsa izatea. Ildo beretik, Gonglanch *et al.*-ek (2016) kafeinak soilik molestia moderatuak izatekotan lagundu dezakeela ziurtatzen dute, eta ez molestia gogorak pairatzen badira.

Kafeinaren efektu diuretikoari dagokionez, Millard-Stafford *et al.*-ek (2007) tenperatura altuetan kafeinak edo kafeinadun kirol edariek erresistentziako ariketan zehar hidratazioa mantentzen zutela ondorioztatu zuten.

6. ONDORIOAK

Ondorio bezala, nahiz eta kafeinak errendimenduan onurak ekarri, orokorrean indibiduoaren kirol maila zenbat eta altuagoa izan, orduan eta baxuagoa izango da suplementuak erakusten duen errendimenduaren hobekuntza (Santesteban eta Ibáñez, 2017). Hala ere, nahiz eta hobekuntza soilik %1ekoa izan, atletarentzat postuak irabaztea ekar dezake txapelketa batean.

Nutrizioaren garrantzia azpimarratu beharra dago ere bai, bide honetatik konpondu daitezkeen arazo guztiei irtenbidea aurkituz eta nutrizioa optimizatuz kirol suplementuak erabili aurretik, batez ere ume eta gazteetan. Nahiz eta suplementuek babes zientifiko handia izan, elikadura eta entrenamenduarekiko populazio hau kontzientziaztea oso garrantzitsua da. Behin elikadura entrenamenduari egokitua dagoela, suplementuek laguntza gehigarri bat suposatu dezakete entrenamendu plana jasateko eta txapelketako marka hobetzeko.

Dena dela, edozein kirolarik txapelketarako kafeina hartu baino lehen, entrenamendu saio baterako probatu beharko luke, guztiek ez baitute erantzun berbera izango substantzia eta dosi beraren aurrean, eta honekiko intolerantzia izan ahal baitu, txapelketan arazoak sortaraziz (ondoeza, beherakoak, tripako mina, eta abar).

Behin ikerketa guztien emaitzak aztertuta, autoreak kafeinaren efektu ezberdinetan guztiz ados jartzen ez direla argi ikusten da. Honen arrazoi nagusiak ugariak izan daitezke: kafeinaren dosia, subjektuaren kirol maila eta subjektuen kafeinarekiko ohitze maila, besteak beste. Hala ere, indibiduo bakoitzean kafeina kantitate berak eragin oso ezberdina izan dezakeela gogoratzea beharrezkoa da, substantzia honekiko ohitze mailaren eta CYP1A2-aren aktibitatearen arabera.

7. BIBLIOGRAFIA

Anderson, M.E., Bruce, C.R., Fraser, S.F., Stepto, N.K., Klein, R., Hopkins, W.G., & Hawley, J.A. (2000). Improved 2000-meter rowing performance in competitive oarswomen after caffeine ingestion. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 10(4), 464–475.

Bell, D.G. & McLellan, T.M. (2003). Effect of repeated caffeine ingestion on repeated exhaustive exercise endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 1348-1354.

Birnbaum, L.J., Herbst, J.D. (2004). Physiologic effects of caffeine on cross-country runners. *J Strength Cond Res*, 18, 463-465.

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

Bruce, C.R. (2000). Enhancement of 2000-M rowing performance after caffeine ingestion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (11), 1958-1963.

Cohen, B.S., Nelson, A.G., Prevost, M.C., Thompson, G.D., Marx, B.D., & Morris, G.S. (1996). Effects of caffeine ingestion on endurance racing in heat and humidity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(3-4), 358–363.

Cole, K.J., Costill, D.L., Starling, R.D., Goodpaster, B.H., Trappe, S.W., Fink, W.J. (1996). Effect of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent work production. *Int J Sport Nutr*, 6, 14-23.

Costill, F.L. (1978). Performance secrets. *Runner' World*, 13, 50-55.

Costill, D.L., Dalski, G.P., Fink, W.J. (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolic and exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 10, 155-158.

Davis, J.M., Zhao, Z., Stock, H.S., Mehl, K.A., Buggy, J., Hand, G.A. (2003) Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 284, 399-404.

Derry, C.J., Derry, S., & Moore, R.A. (2014). Caffeine as an analgesic adjuvant for acute pain in adults. The Cochrane Database of Systematic Reviews, 12, CD009281.

Derry, S., Wiffen, P.J., & Moore, R.A. (2015). Single dose oral ibuprofen plus caffeine for acute postoperative pain in adults. The Cochrane Database of Systematic Reviews, 7, CD011509.

Doherty, M., & Smith, P. (2005). Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 15(2), 69-78.

Dunagan, N., Greenleaf, J.E., Cisar, C.J. (1998). Thermoregulatory effects of caffeine ingestion during submaximal exercise in men. *Aviat Space Environ Med*, 69, 1178-1181.

Escott-Stump, S. (2008). Nutrition and diagnosis-related care (6th ed. ed.). Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins.

Fredholm, B.B., Battig, K., Holmen, J., Nehlig, A., Zvartau, E.E. (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacol Rev*, 51, 83-133.

Gamba, A.A. (2001). Effect of caffeine ingestion on the P.P and R.R intervals of adult males. *Journal of Health Physical Education Sports and Leisure Studies*, 2 (2), 17-24.

Ganio, M.S., Johnson, E.C., Klau, J.F. *et al.* (2011). Effect of ambient temperature on caffeine ergogenicity during endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 111(6), 1135-1146.

Ganio, M.S., Klau, J.F., Casa, D.J., Armstrong, L.E., & Maresh, C.M. (2009). Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 315–324.

Goldstein, E.R., Ziegenfus, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., Taylor, L., Willoughby, D., Stout, J., Graves, B.S., Wildman, R., Ivy, J.L., Spano, M., Smith, A.E., & Antonio, J. (2010). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7:5, 1-15.

Gonçalves, B., *et al.* (2017). Acute effects of caffeine intake on athletic performance: A systematic review and meta-analysis. *Revista Chilena de Nutrición*, 44 (3), 283-291.

Graham, T.E., Hibbert, E., Sathasivam, P. (1998). Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol*, 85, 883-889.

Graham, T.E., Rush, J.W., Soeren, M.Hv. (1994) Caffeine and exercise: metabolism and performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 19(2), 111-138.

Graham, T.E. & Spriet, L.L. (1991). Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 71, 2292-2298.

Graham, T.E., & Spriet, L.L. (1995). Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.:1985)*, 78(3), 867-874.

Gonglach, A. R., A. de C. J., Bembem, M. G., *et al.* (2016). Muscle Pain as a Regulator of Cycling Intensity: Effect of Caffeine Ingestion. *Medicine Science Sports Exercise*, 48(2), 287-96.

Higgins, S., Straight, C. R., Lewis, R. D. (2016). The Effects of Preexercise Caffeinated Coffee Ingestion on Endurance Performance: An Evidence-Based Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26, 221-239.

Ivy, J.L., Costill, D.L., Fink, W.J., Lower, W. (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 11, 6-11.

Jackman, M., Wendling, P., Friars, D., & Graham, T.E. (1996). Metabolic, catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise. *Journal of Applied Physiology*, 81, 1658-1663.

Jenkins, N.T., Trilk, J.L., Singhal, A., O'Connor, P.J., & Cureton, K.J. (2008). Ergogenic effects of low doses of caffeine on cycling performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18(3), 328–342.

Joslin, J., Lloyd, J.B., Kotlyar, T., & Wojcik, S.M. (2013). NSAID and other analgesic use by endurance runners during training, competition and recovery. *South African Journal of Sports Medicine*, 25(4), 101-104.

Kolaylı, S., Ocak, M., Küçük, M., & Abbasoğlu, R. (2004). Does caffeine bind to metal ions? *Food Chemistry*, 84(3), 383-388.

Kovacs, EM., Stegen, J.H., Brouns, F. (1998). Effect of caffeine drinks on substrate metabolism, caffeine excretion and performance. *Journal of Applied physiology*, 85(2), 708-715.

Lamina, S., Musa, D. I. (2009). Ergogenic effect of varied doses of coffee-caffeine on maximal aerobic power of young African subjects. *African Health Sciences*, 9(4), 270-274.

Ledger, L., Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 meter shuttle run test with one minute stages to predict VO₂ max in adults. *Canadian Journal of Sports Science*, 14(1), 21-26.

Mielgo-Ayuso, J., Urdampilleta, A., (2015), *Cafeína. Rendimiento deportivo y riesgos médico-nutricionales*, Oiartzun, España, ElikaEsport Editorial.

National Center for Biotechnology Information. (2004). PubChem Compound Database; CID=2519. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2519> –tik hartua, 2018ko otsailaren 16an kontsultatua.

Nurul, A. A. K., Chen, C. K. (2013). Effects of Consumption of a Beverage Containing Caffeine on Running Time Trial Performance. *USM_JASPEX Online Journal*, 1(1), 000-000.

Millard-Stafford, M.L., Cureton, K.J., Wingo, J.E., Trilk, J., Warren, G.L., Buyckx, M. (2007). Hydration during exercise in warm, humid conditions: effect of a caffeinated sports drink. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 17, 163-177.

Pasman, W.J., Vanbaak, M.A., Jeukendrup, A.E., Dehaan, A. (1995). The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med.*, 16(4), 225-230.

Perkins, R., William, M.H. (1975). Effect of Caffeine upon maximal muscular endurance of female. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 7, 221-224.

Rapuri, P.B., Gallagher, J.C., Kinyamu, H.K., & Ryschon, K.L. (2001). Caffeine intake increases the rate of bone loss in elderly women and interacts with vitamin D receptor genotypes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74(5), 694-700.

Reunsbottom, R., Brewer, J., Williams, C. (1998). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 22(4), 141-144.

Rivera-Brown, A.M., Rowland, T.W., Ramirez-Marrero, F.A., Santacana, G., Vann, A. (2007). Exercise tolerance in a hot and humid climate in heat - acclimatized girls and women. *Int J Sports Med*, 27, 943-950.

Robertson, D., Wade, D., Workman, R., Woosley, R.L., Oates, J.A. (1981). Tolerance of humoral and hemodynamic effects of caffeine in man. *Journal of Clinical Investigation*, 64, 1111-1117.

Rosales, G., Monsálves, M., Yáñez, R., *et al.* (2015). Caffeine intake and its effect on the maximal aerobic speed corridors 800-meter athletes. *Nutrición Hospitalaria*, 32(4), 1703-7.

Roti, M.W., Casa, D.J., Pumerantz, A.C., Watson, G., Judelson, D.A., Dias, J.C., *et al.* (2006). Thermoregulatory responses to exercise in the heat: chronic caffeine intake has no effect. *Aviat Space Environ Med*, 77, 124-9.

Santesteban Moriones, V., Ibáñez Santos, J. (2017). Ayudas ergogénicas en el deporte. *Nutrición Hospitalaria*, 34, 204-215.

Tarnopolsky, M. A. , Gibala, M., Jeukendrup, A. E., Phillips, S. M. (2005). Nutritional needs of elite endurance athletes. Part II: Dietary protein and the potential role of caffeine and creatine. *European Journal of Sport Science*, 5(2), 59-72.

Trice, I., Haymes, E. M. (1995). Effects of caffeine ingestion on exercise-induced changes during high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sport Nutri*, 5, 37-44.

Wong, C.P., Chen, C.K., & Bandyopadhyay. A. (2010). Effects of acute supplementation of caffeine on cardiorespiratory responses during endurance running in a hot & humid climate. *The Indian Journal of Medical Research*, 132, 36-41.

Zhang, Y., Coca, A., Casa, D.J., *et al.* (2014). Caffeine and diuresis during rest and exercise: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1071, 1-6.