

HEZKUNTZA ETA KIROL FAKULTATEA
Jarduera Fisikoaren eta Kirolaren Zientzietako Gradua
Ikasturtea: 2019-2020

ZUTIKAKO ETA ESERITAKO POSIZIOEN DESBERDINTASUN
BIOMEKANIKOAK TXIRRINDULARITZAN

EGILEA: Peru Eloseggi Sukia

ZUZENDARIA: Eneko Fernández Peña

Data, 2020eko Maiatzaren 17a

AURKIBIDEA

AURKIBIDEA.....	2
SARRERA.....	3
METODOLOGIA.....	5
EMAITZAK.....	6
1. Elektromiografia (EMG).....	6
2. Potentzia:.....	12
3. Zinematika:.....	13
4. Oxigeno kontsumoa eta efizientzia:.....	16
5. Zinetika:.....	23
ONDORIOAK.....	27
BIBLIOGRAFIA.....	29

SARRERA

Lehenik eta behin, lan hau aurrera eramateko eta gai hau hautatzeko izan dudan motibazioa azalduko dut. Txirrindularitza oraintxe bertan nire barnean dudan kirolik gogokoenetakoa da, garbiago esanda, orain dela bi urtetatik besterik ez. Ordura arte, bizi osoan futbol munduko zaletu amorratua izan naiz, nahiz eta txirrindularitza beti izan dudan gustuko. Futbola alde batera utzi nuen, belauneko lesio larri baten ondorioz. Belauneko aurreko lotailu gurutzatua hautsi bainuen futbol partida batean eta oso gogorra egin zitzaidan errekupeazioa. Errekupeazio horretan, bizikleta ordu asko sartu nituen igeriketarekin batera eta pentsatu nuen futbolaz aparte beste afizioen bat bilatu behar nuela jarduera fisikoa praktikatzeko. Momentu horretan, bizikleta zen nire pasioa eta errepedeko bizikleta bat erostea izan zen hurrengo erabakia, futbola ahaztu eta bizikletan zentratuz. Geroztik, lagunartean futbol partida batzuk jolastu ditut baina beti ere buruarekin jolastuz. Gaur egun, nire lehen kirola txirrindularitza bihurtu da eta ez naiz batere damutzen hartutako erabakiarekin.

Graduko 3. maila amaitu ostean, uda erdian, aurre-matrikula egiteko deialdian, gradu amaierako lanaren inguruko gai ugari zeuden zerrendan eta ez zitzaidan bat bera ere gustatu lehen begiradan. Bigarren begiradan, txirrindularitza eta biomekanika irakurtzean ez nuen dudarik izan gai hori hautatzeko. Motibazio handia piztu zidan gaiak, txirrindularitzaren inguruan jakintzak aberasteko aukera izango nuela pentsatu bainuen. Hasi berria naiz txirrindularitzako munduan eta galdera asko egiten dizkiot neure buruari bizikletan irteten naizen bakoitzean ea hau ona den edo txarra den, posizio egokian dudan bizikletan, eserita edo zutik komeni zaidan, kadentzia... Bizikletaren gainean izan ditudan dudak argitzeko asmoz, eseritako eta zutikako pedalkadaren inguruan zentratzea izan da nire pentsamendua. Gehienbat maldan gora nindoanean izaten nuen galdera hau nire buruan momentu oro eta hau izan da gai hau hautatzeko arrazoietakoa bat. Gai honen barruan, muskuluen aktibazioa aztertzea izango da gakoetakoa bat posizio ezberdinetan eta horretarako ikerketa ezberdinen beharra izango da. Beraz, gaia hautatuta izanik hainbat artikulua irakurri eta aztertzea izan da hurrengo pausurik garrantzitsuena, egoera ezberdinetan, hau da, eremu lauan edo maldan gora eseritako edo zutikako posizioa den egokiagoa argitzeko asmoz.

Nik hautatu dudan gradu amaierako lana, errebisio bibliografiko bat da. Lan honen helburu nagusia, jadanik indarrean edo argitaratuta dauden artikulua zientifiko ezberdinetatik informazioa biltzea da gai baten inguruan.

Txirrindularitza erresistentzia kirol bat izanik, ikerlari askoren arabera, gaur egun txirrindularitza asko hazi da kirol bezala eta baita aisialdiko jarduera bezala ere. Horregatik, gero eta ikerketa gehiago daude txirrindularitzaren inguruan. Nire kasuan, zutikako eta eseritako posizioetan pedalkada batean aktibatzen diren muskuluen azterketan zentratzea izan da helburu nagusia eta kasu honetan ez dago beste zenbait gaietan bezain beste materia.

Errebisio bibliografiko honetan, txirrindularitzaren inguruko zenbait ardatzetan murgilduko gara, hala nola, errendimenduko adierazle garrantzitsu bat den VO₂max-ean, efizientzia eta ekonomian, kadentzien aldaketek duten eraginean eta txirrindulariaren sentrazioen arabera pertzepzioan hartzen dituen erabakiak zutikako edo eseritako posizioan joateko. Guzti honen analisia burutzeko, muskuluen aktibitatearen inguruko azterketatik aterako ditugu ondorio nagusienak. Horretarako, aurkitutako artikulu gehienak elektromiografiaren (EMG) inguruan burututako ikerketak izan dira, muskuluen aktibitatearen inguruan egindako ikerketak izen honekin ezagutuak baitira. Muskuluen aktibitateaz gain, zinematika arloko puntu batzuk sakontzen saiatuko naiz amaierako ondorio nagusietan ere eragina izan dezakeelako arlo zabal honek, beraz, zinematikan ere murgilduko naiz.

Azkenik, arlo guzti hauen inguruan ondorio nagusi batera iristea da nire helburua, hala nola, zutikako zein eseritako posizioan pedalkadak ematen ditugunean ahalik eta efizientzia edo errendimendu handiena ateratzea, egoera ezberdinetan eseritako edo zutikako posizioa den egokiagoa ikertzea eta muskulu bakoitzaren inplikazioa aztertzea posizio ezberdinetan. Azken honen inguruan, esan dezakegu beheko gorputz adarreko muskuluen aktibazioaren inguruan dagoela ikertuta gehienbat txirrindularitzan, hauek baitira inplikazio gehiena duten muskulu taldeak. Aldiz, goiko gorputz adarreko muskuluen edo eskuen kokapenak manillarrean eragin handia duela beheko gorputz adarreko muskuluen aktibazioan. Beraz, goiko gorputz adarreko mugimenduek duten eraginean ere sakontzen saiatuko naiz, nahiz eta honen inguruan ikerketa oso gutxi dagoen.

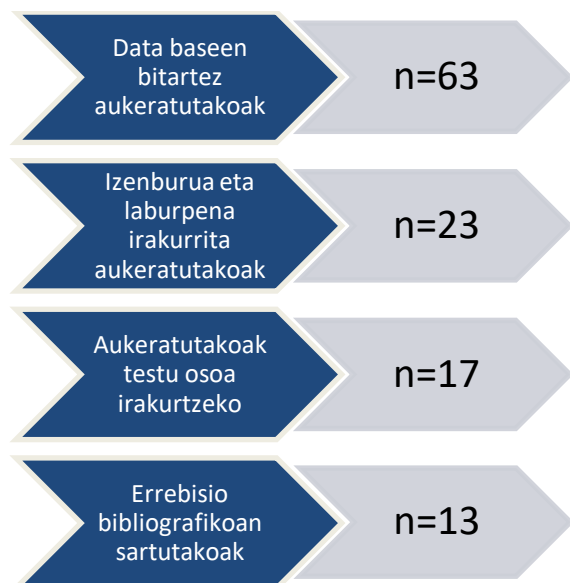
METODOLOGIA

Literatura bilaketa 2020ko urtarrilaren 6aren eta apirilaren 5aren artean gauzatu da, PubMed eta Google Scholar datu baseak erabiliz. Bertan, hizkuntzaren inguruko mugak jarri ditut: bakarrik ingelesez idatzita zeuden artikulua sartu ditut.

Bertan erabilitako hitz gakoak hauek izan dira: “cycling”, “pedalling”, “pedaling”, “seated”, “standing”, “EMG”, “kinematics”, “torque”, “efficiency” eta “VO₂max”. Hitz hauen arteko elkar loturak egiteko operadore Booleanoak erabili ditut: (AND,OR). Sartutako hitz katea honakoa izan da: “cycling” OR “pedalling” OR “pedaling” (seated AND standing) EMG OR kinematics OR torque OR efficiency.

Aukeratutako ikerketak hurrengo barneratze irizpideak jarraitzen dutenak izan dira: a) ingelesez idatziak izatea; b) errepideko txirrindularitza; eta c) txirrindularitzan esperientzia izatea.

Kanporatze irizpideak hurrengo hauek izan dira: aurreko hilabetetan lesiorik ez izatea, egoera patologikorik ez aztertzea, txirrindularitzan esperientziarik ez izatea...



EMAITZAK

Atal honetan, errebisio bibliografikoaren bitartez aurkitu ditudan informazio eta datu garrantzitsuenak azalduko ditut. Hala nola, elektromiografiaren (EMG) bitartez txirrindularitzako pedalkada batean eragina duten muskuluen aktibitate maila posizio ezberdinetan, oxigeno kontsumo eta efizientziaren eragina, potentzia, zinematikak eta zinetikak duten garrantzia pedalkadan zehar eta ekonomia edo energia gastuaren erlazioa pedalkada posizio ezberdinetan.

Oso garrantzitsua izango da aipatutako atal hauen ulermen egokia errebisio osoaren helburua ongi ulertzeko, azken finean, atal guztiak elkar lotuta edo zerikusi handia duelako arlo batek bestearekin. Bestalde, esan behar da, ikusitako artikuluko zientifiko askoren artean kontraesanak eman daitezkeela, baita datu oso ezberdinak edota elkarren artean amaierako ondorio nagusi bera izatea ere. Ikusitako neurri asko ebidentzia zientifikoan oinarriturik daude. Helburu nagusia, lortutako informazio esanguratsuenak aipatzea izango da, eta gero, gure ondorioak ateratzea, pedalkada posizio ezberdinetan ematearen efizientzia fidagarriena zein den ematen saiatuz.

1. Elektromiografia (EMG)

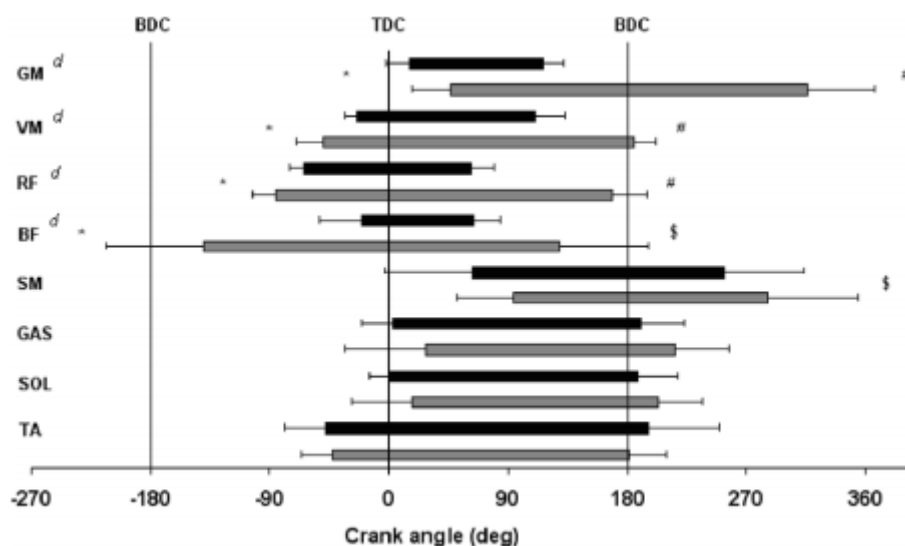
Elektromiografia, giharraren aktibitate elektrikoa baloratzen duen proba bat dela esan dezakegu. Proba honen bitartez, gihar bakoitzaren uzkurduraren intentsitatea eta denbora parametroak neurtu daitezke. Beraz, proba honen laguntzaz pedalkadak goiko zein beheko gorputz adarreko muskulu ezberdinen aktibitate mailan duen eragina aztertzeke aukera izango dugu.

Pedalkada posizioaz ari garenean, esan dezakegu bi posizioz ari garela, hau da, zutikakoa edo eseritakoa. Bi posizio hauek eragin ezberdinak dituzte gure muskuluen aktibitatean eta parametro ezberdinek indar handia hartzen dute arlo honetan. Esaterako, kadentziak, potentziak... gure muskulu aktibitatean eragin ezberdinak dituztela ikusteko balioko digu ondoren azalduko ditudan artikuluekin.

Bizikletako posizio aldaketek, hau da, eserita edo zutik joanda, muskulu guztietan intentsitate eta denbora handiagoan eragina izan zuten elektromiografia aktibitatean, orkatileko muskuluetan eragina zutenek izan ezik (Duc et al., 2008).

2008ko ikerketan, txirrindulariaren aldapa gorako eseritako zein zutikako posizioako pedalkadak muskuluen aktibazioan dituen eraginak aztertu dira. Horretarako, beheko gorputz adarreko 8 muskulu ezberdinen eta goiko gorputz adarreko 4 muskuluen aktibitate maila aztertu da (Duc et al., 2008). Zutikako zein eseritako posizioan aztertutako muskuluak honakoak izan dira; gluteo nagusia (GM), kanpoko bastoa (VL), biceps femorala (BF), aurreko zuzena (RF), gastroknemioak (GAS) eta aurreko tibiala (TA). Proposatutako aktibazio hauek aztertzeko, aldapa gorako simulazioak burutu dira malda portzentai ezberdinetan eta zutikako zein eseritako gorputz jarrerarekin subjektu bakoitzaren $VO_2\text{max}$ -aren %80-ko intentsitatean.

Elektromiografia aktibitatea aztertzeko proba bat ikustea ezinbestekoa da, honek eseritako zein zutikako maldan gorako pedalkadaren muskuluen aktibitate maila ikertzeko aukera ematen baitu intentsitate eta denbora parametroen bidez. Hemen, muskuluen aktibitate maila zein puntutan aktibatzen den eta zenbat denboran zehar gauzatzen den ikusi daiteke, bielaren angeluari erreparatuta (Irudia 1). Kasu honetan, esan beharra dago zutikako posizioan (kolore grisa) muskuluen aktibitatea handiagoa dela gluteo nagusian (GM), aurreko zuzenean (RF), erdiko bastoan (VM) eta biceps femoralean (BF) denbora parametroen aldetik. Bestetik ere ikusi dezakegu, bielaren angeluari erreparatuz, gluteo nagusia (GM) zutikako posizioan beranduago aktibatzen dela eseritako posizioarekin (kolore beltza) alderatuz. Baita ere, biceps femoralaren (BF) aktibazioak zer nolako garrantzia duen zutikako posizioan, denbora oso luze batean aktibatzen delako, hau da, eseritako posizioan baino lehenago aktibatu eta beranduago amaitzen dela bere aktibitate maila. Aldiz, erdiko bastoa (VM), aurreko zuzena (RF) eta biceps femorala (BF) pedalaren igoera fasean lehenago aktibatzen dira zutikako posizioan eta denbora gehiago irauten dute aktibatuz. Semimembranosoaren (SM) kasuan, bere aktibitate denbora oso antzeko da zutik edo eseritako posizioan, nahiz eta eserita lehenago aktibatzen den. Azkenik, orkatilaren mugimenduan zerikusia duten muskuluei erreparatuz, hau da, gastroknemioak (GAS), soleoa (SOL) eta aurreko tibiala (TA) ez dago aldaketa esanguratsurik beraien aktibitate mailan zentratuko bagina, bi posizioetan bateratsu aktibatu eta denbora oso antzekoan daudelako aktibatuz (Duc et al., 2008).



Irudia 1 Muskulu bakoitzaren aktibitate maila zutikako (kolore grisa) zein eseritako posizioan (kolore beltza) (Duc et al., 2008).

Bestetik, bielaren angeluaren arabera elektromiografiaren aktibitate pikoa aztertu da pedalkada ziklo bakoitzeko (Irudia 2). Bertan, garbi ikusi da zutikako posizioan EMG piko denbora hori gehienetan beranduago eman dela eseritako posizioarekin alderatuta. Esaterako, gluteo nagusian, alboko bastoan, biceps femoralean, gastroknemioan eta soleoan (Duc et al., 2008).

Hau gorputzaren aurreranzko inklinazioarekin erlazionatuta egon daiteke, hau da, zutik jartzean gorputz masa aurreratzen da eserlekuaren euskarria kenduta. Eseritako posizioan grabitate zentroa atzerago dago zutikako posizioarekin alderatuta, beraz normala da zutikakoan piko hauek beranduago ematea. Piko hauek handiagoak eta beranduago ematez gain zutikako posizioan, goiko gorputz adarreko muskuluen EMG aktibitate pikoetan ere aldaketa esanguratsuak eman direla ikusi da. Hala nola, sabelaldeko aurreko zuzenean (RA), bizkarrezur zutitzailean (ES), biceps brakialean (BB) eta trizeps brakialean (TB). Goiko gorputz adarreko piko hauek grabitate zentroa aurreratzeagatik ematen dela esan daiteke, baita eserlekuko euskarria kentzeagatik ere. Euskarri bat kentzeak gorputzaren pisua lekuz aldatzea ekarriko du eta kasu honetan eskuleku zein pedaletan pisu gehiago ezarriko da. Honekin goiko gorputz adarren aktibazioa handituz.

Mean crank angle, in degrees, at which the peak EMG activity per cycle (EMG_{peak-timing}) occurred across posture conditions for all subjects

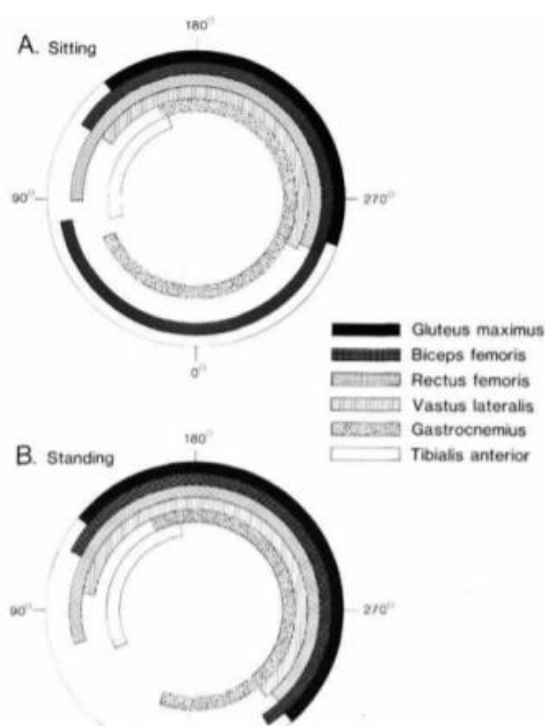
Postures	Seated (°)	Standing (°)
GM	74 (23)	162 (75) ^a
VM	22 (15)	96 (46) ^a
RF	350 (28)	343 (30)
BF	6 (63)	50 (93) ^a
SM	184 (79)	198 (81)
GAS	90 (32)	125 (38) ^a
SOL	87 (30)	119 (33) ^a
TA	157 (112)	150 (100)
RA	215 (90)	232 (79)
ES	234 (94)	227 (71)
BB	241 (87)	256 (84)
TB	261 (56)	200 (48)

Irudia 2 EMG aktibitate pikoa muskulu bakoitzean bielaren angeluaren arabera (Duc et al., 2008).

Txirrindulariaren errendimenduari begira jarrita, ni entrenatzaile izan ezker, aldapa gorako egoeretan zutikako edo eseritako posizioaren eraginkortasuna jakitea ezinbestekoa izango da. Batetik, txirrindulariei gomendio profesionalak emateko, eta bestetik, beraien onena ateratzeko errendimenduari begira. Txirrindulari batzuk eserita mantentzen dira igoeretan ahalik eta gehien eta beste batzuk berriz txandakatuz joaten dira, eserita zein zutik. Hau, txirrindulariaren arabera ere izango da. Ikerketan ikusitakoarekin, esan daiteke, zutikako posizioan muskuluen aktibazioa handiagoa dela, orkatilan eragina duten muskuluak izan ezik. Bestetik, zutikako posizioan goiko gorputz adarrean aztertu diren muskuluen parte hartzea handiagoa dela ikusi da. Ondorioa argia da, zutikako posizioan, goiko zein beheko gorputz adarren aktibazioa handiagoa izanik energia gastua ere handiagoa izango dela suposatuta daiteke. Beraz, zutik edo eserita mantentzeko denbora zenbatekoa izango den jakitea interesgarria izango da, baita intentsitate zein kadentzia ezberdinetan posizioek duten gastua. Nire ustez, aldapa gorako posizio ekonomikoago bat aukeratzeko, intentsitatea zein kadentzia izango dira ardatz nagusiak. Intentsitatea zenbat eta handiagoa izan bi posizioen gastua handiagoa izango da, eta eseritako posizioan goiko gorputz adarren aktibazioa ere handiagoa izango dela esan daiteke.

Elektromiografia aktibitatearekin jarraiturik, 1981ean egindako ikerketa batean ikusi da (Irudia 3), biceps femoral eta gastroknemioen aktibitate maila laburragoa dela zutikako posizioan (Mohr et al., 1981). Horrekin loturik, eseritako posizioko biceps femoral aktibitatea ia pedalkada ziklo osoan ematen da. Beraz, biceps femoralak eseritako posizioan duen garrantzia ikusirik, bizikletan ibiltzeaz gain oso garrantzitsua izango da kanpoko jardueretan muskulu honen lanketa espezifikoak. Aldiz, gluteo nagusia, aurreko zuzenak eta alboko bastoak aktibitate maila denbora luzeagoan mantentzen dute zutikako posizioan. Pedalkada zikloko goiko zein beheko zatia aztertuta, pedalkadaren goiko zatian aztertu diren muskulu talde guztiak aktibatuta mantentzen dira bi posizioetan, baina beheko zatian aldiz, gastroknemioen

aktibazioa bakarrik ematen da bi posizioetan. Hala ere, zutikako zein eseritako posizioetan aldaketa bat ematen da pedalkadaren beheko zatian biceps femoralari dagokionez. Eseritako posizioan pedalkadaren beheko fase osoan aktibatzen mantentzen da eta zutikako posizioan aldiz, beheko fasera iritsi baino lehenago aktibatzeari uzten dio. Hau, zutikako posizioan eman daitezkeen alboko mugimendu oszilatortzat eta honek dakarren alde batetik besterako pisu desplazamenduetatik gerta daiteke. Azkenik, muskuluen aktibitate denborari erreparatu, ikusi da zenbat eta karga handiagoa ezarri subjektuari EMG aktibitate denbora luzatu egin dela (Mohr et al., 1981) (Irudia 3).

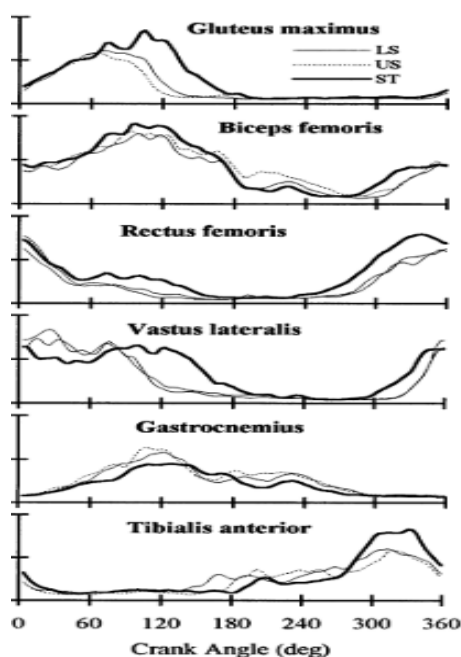


Irudia 3 Muskulu ezberdinen aktibitate maila pedalkada ziklo batean (Mohr et al., 1981).

Irudi honetan ikusi denaren ondorio orokor edo proposamen bat egitekotan, oxigeno kontsumoaren baloreak neurtzea oso interesgarria izango litzateke. Zutikako posizioan muskulu aktibitate maila handiago izan denez, honek, posizio ekonomikoagoa edo energia gastua gutxiena duen posizioa zein den argitzen lagunduko luke. Hala ere, aktibitate maila ikusirik, zutikako posizioaren energia gastua handiagoa dela suposatuta daiteke lehen ikusi bezala.

Zutikako edo eseritako posizioaren eraginkortasunarekin jarraituz, posizio aldaketek eta ibilbidearen ezaugarriek garrantzi handia hartzen dutela ikusi da muskuluen aktibazioan. Honi erantzuna emateko, 1998an egindako ikerketa batean, 3 teknika erabili dira gorputzaren

posizioak muskuluen aktibitate mailan duen eragina ikusteko. 250 W-ko kargarekin, eremu lauan eserita, %8-ko aldapan eserita eta %8-ko aldapan zutik beheko gorputz adarreko 6 muskuluen aktibitate mailak neurtu dira: gluteo nagusia, biceps femoral, aurreko zuzena, alboko bastoa, gastroknemioak eta aurreko tibiala. Hauetatik, zutikako posizioan %8-ko aldapan burututako teknikarekin gluteo nagusian, aurreko zuzenean eta aurreko tibialean bakarrik eman dira aldaketa esanguratsuak EMG pikoaren aldetik. Gainontzeko muskuluetan 3 tekniketari zehar magnitude antzekoa jarraitu da ziklo osoan. Eseritako posizioan bi tekniketari ez da aldaketa nabarmenik eman aztertu diren 6 muskuluetan pedalkada ziklo oso batean zehar (Li & Caldwell, 1998) (Irudia 4).



Irudia 4 Muskuluen aktibitate maila pedalkada ziklo batean (Li & Caldwell, 1998).

Muskuluen aktibitate maila ezberdinak aztertuta posizio ezberdinetan, ondorio batzuk atera ditzakegu orain arte ikusitakoarekin. Txirrindularitzarako oso garrantzitsuak izan daitezkeen muskulu taldeetatik, esaterako, gluteo nagusiaren garrantzia ezinbestekoa da zutik pedalkatzen dugunean, zutik pedalkatzean muskulua gehiago eta denbora luzeagoan aktibatzen baita eserita pedalkatzearekin alderatuta. Goiko grafikan ikusi den bezala (Irudia 1), pedalkada osoan zehar gluteo nagusiak hartzen duen garrantzia izugarria da. Honek, enborraren egonkortze lanean ezinbesteko funtzioa du eta baita indarra eragiteko ere (Duc et al., 2008). Beraz, ondorio praktiko bezala nire ustez, bizikletan ibiltzeaz gain gluteo nagusia eta biceps femoralaren lanketa espezifikoa ezinbestekoa ikusten dut. Hala nola, gluteo nagusiko arazoren bat duen norbait badugu bizikletan ibiltzen dena, zutikako pedalkada posizioa mugatzea gomendatzea ezinbestekoa izango litzateke minaren gehitzea murrizteko.

2. Potentzia:

Zutikako posizioa edo eseritako posizioa zein den egokiagoa jakiteko helburu nagusi izanik, txirrundulariak trantsizio ezberdinak burutzen ditu eseritako posiziotik zutikakora igaroz eta alderantziz. Eseritako posiziotik zutikakora pasatzeko trantsizioak normalean aldapa gogorretan edo irteera azkarreko egoeretan ematen dira. Aldapa gorako egoeretan ematen diren trantsizioak txirrundulariaren ezaugarrien araberakoa izan daitekeela esan daiteke baina zutik jartzearen zergatia jakitea oso garrantzitsua izan daiteke, ez baitago garbi aldaketa trantsizio hauek zein irizpiderekin burutzen diren. Trantsizio hauek, muskulu aktibitatearen kostua murrizteagatik edo indar gehiago aplikatzeko helburuarekin ematen direla esan daiteke. Nahiz eta, 2017-an egindako ikerketa batean potentzia handiko egoeretan zutikako posizioa eraginkorragoa dela ondorioztatu (Turpin et al., 2017), ez du esan nahi eseritako posizioa potentzia baxuetan bakarrik erabili behar denik. Honekin jarraituz, potentzia handietan zutikako posizioa erabiltzean, goiko zein beheko gorputz adarreko muskuluak aktibatzen direnez, energia kostua ere handiagoa izango da eta honekin efizientzia jaitsiko da denbora luzeko egoeretan.

2005ean egindako beste ikerketa batean, sprint egoerak simulatuz eseritako zein zutikako posizioan ematen ziren aldaketak neurtu zituzten (Bertucci et al., 2005). Arrabola finkoan, alboko oszilazioak baimentzen ez dituela jakinda, eta egoera errealeko mugimenduak baimentzen zituen bizikleta batekin egin zen ikerketa. Arrabola finkoko sprint egoeretan, hau da, potentzia handia eskatzen den kasuetan, potentzia pikoan ez zen aldaketa esanguratsurik eman. Aldiz, datuetan ikusi datekeen bezala, egoera errealeko zutikako posizioan potentzia pikoan aldaketa esanguratsuak eman dira bi posizioen artean. Bestetik, zutikako posizioak aztertuta ere potentzia handiagoak eman dira egoera errealeko kasuan. Goiko gorputz adarraren garrantzia ezinbestekoa dela ondoriozta daiteke, beso zein enborraren alboko mugimenduek potentzia handiak lortzeko lagungarriagoak baitira eserlekuaren euskarria kentzean (Bertucci et al., 2005) (Irudia 5).

	Ergo-trainer Seated position	Ergo-trainer Standing position	Gymnasium Seated position	Gymnasium Standing position
PO _{peak} (W)	881±135	913±149	843±137 a	973±153 bc
Time to PO _{peak} (s)	1.78±0.73	1.57±0.63	2.96±0.54 a	2.69±0.7 bc
Cadence at PO _{peak} (rpm)	139.2±18	133.2±13 a	93.6±16 a	96.6±16 b
F _{max} (N)	465±64	471±69	661±110 a	722±116 bc
F ₀ (N)	720±95	745±100	800±112 a	857±154 bc
V ₀ (rpm)	262±29	259±35	248±48	281±68

a: different (P<0.05) to seated position on ergo-trainer; b: different (P<0.05) to standing position on ergo-trainer; c: different (p<0.05) to seated position in the gymnasium.

Irudia 5 Zutikako eta eseritako posizioen desberdintasunak egoera ezberdinetan (Bertucci et al., 2005).

Hau da, potentzia zenbat eta handiagoa izan, zutikako posizioa geroz eta beharrezkoagoa izango dela ondoriozta daiteke. Ikusi besterik ez dago sprint egoeretan txirrindulariek bizikletan duten zutikako posizioa. Honekin loturik, esan daiteke esfortzu laburreko intentsitate handiko egoeretan zutikako posizioa eraginkorragoa dela. Bestetik, goiko gorputz adarreko muskuluek potentzia handietan mantentzeko ezinbesteko garrantzia dutela esan daiteke, aurrez ikusi dugun bezala.

Pedalkada posizioaren eragina aztertzeko, 2019-an egindako ikerketa batean, indoor txirrindularitzan eman daitezkeen posizio ezberdinetako asimetriak neurtu dira. Neurketa hauek kadentzia, intentsitate eta posizio ezberdinen bidez egin dira. Esperientzia gutxiko 25 gizonetako parte hartzailek burututako ikerketan, zutikako posizioan potentzia gutxiagoko emaitzak eta eskuin zein esker hankako asimetria handiagoa izan dute intentsitate antzeko entrenamenduetan. Bestetik, 75-100-120rpm-ko kadentzian burututako probetan, zenbat eta kadentzia baxuagoa eraman orduan eta indar handiagoa aplikatzeko ahalmena dutela ikusi da. Azkenik, pedalean aplikatutako bi hanketako indarren oreka handiago izan da eseritako posizioan eta kadentzia baxuenetan zutikakoarekin alderatuta. Hau, eserlekuan bermatuta egoteagatik izan daitekeela ondoriozta daiteke (González-Sánchez et al., 2019).

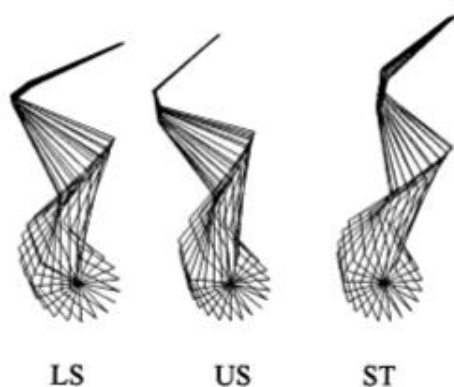
3. Zinematika:

Txirrindularitzan tradizio handia duen arloa dugu hau, zinematika hain zuzen ere. Txirrindulariak egiten duen mugimendu oro neurtzeko balio du, eta horrekin, txirrindulariak bizikleta gainean duen posizioa definitzeko ezinbesteko arloa izanik. Txirrindulariaren bizikleta gaineko posizioak parametro guztietan izango du eragina, energia gastuan, muskuluen aktibazioan, efizientzian eta guzti honen ondorio bezala txirrindulariaren errendimenduan. Beraz, zinematikaren analisiak gorputzeko artikulazioen mugimendu ezberdinak ikusi eta aztertzeko balio duela esan daiteke. Honen bitartez txirrindulariaren posizio ideala bilatzen saiatuko da eta horrela bakoitzaren errendimendu onena lortu.

Aurrez aztertu dudan 1998ko ikerketan zinematika arloa ere sakondu da (Li & Caldwell, 1998). Ibilbide lauan eserita, aldapa gora eserita eta aldapa gora zutik aztertutako ikerketan, gorputzaren zinematika aztertu da (Irudia 6). Bertan, 3 artikulazioetako azterketak burutu dira, aldaka, belauna eta orkatilakoak hain zuzen ere. Irudia aztertuz, aldaka eta enborraren inklinazioak duen aldaketa nabarmentzekoa da eseritako zein zutikako posizioan. Eseritako posizioan enborraren flexioa handiagoa dela ikusi da zutikakoarekin alderatuz. Zutikako posizioari dagokionez, aldakaren posizioa aurrerago dagoela ikusi da eseritako posizioan baino

eta enborra zuzenago. Zutikako posizioko aldakatik marra bat eginda bielaren erdira, eseritako posizioko aldaka atzerago dagoela ikusi da. Hau grabitate zentroaren aldaketagatik eman dela esan daiteke. Grabitate zentroaren aldaketa honek zutikako posizioko artikulazioen graduak guztiz aldatzen ditu, esaterako, belaunaren punta bielaren zentrotik urrutiago dago eseritako posiziotik baino. Zutikako posizioarekin jarraituz, grabitate zentroa aurreratzeaz gain gluteo nagusiaren aktibazio nabarmenduko da bai indar lanean zein enborraren egonkortze prozesuan. Bestetik, eseritako posizioan aldakaren flexio handiagoa ematen dela ikusi da (Li & Caldwell, 1998).

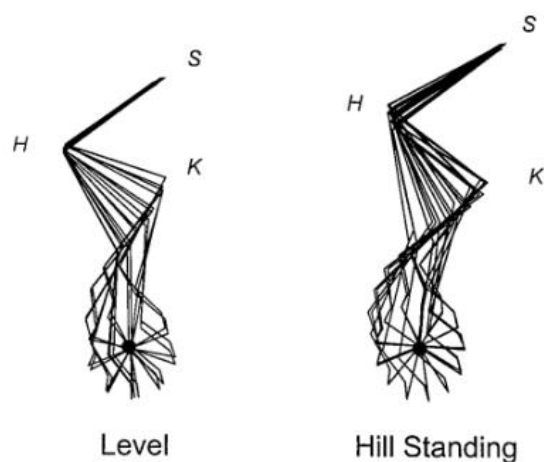
Bi posizio hauetan ikusitako aldaketen ondorioz, muskulu aktibazioaren denbora zein intentsitatea aldatu egingo dira. Aplikatzeko indarrak ezberdinak izango baitira posizio ezberdinetan.



Irudia 6 Lauan eseritako, aldapan eseritako eta aldapan zutikako zinetika (Li & Caldwell, 1998).

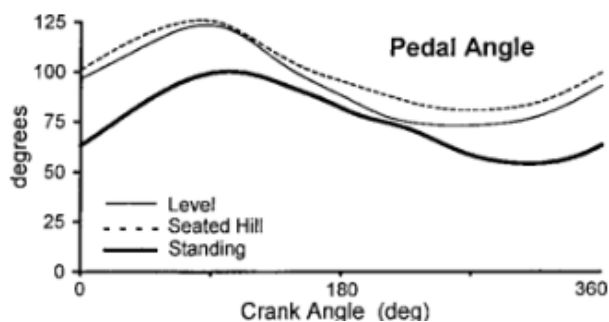
Urte berdinean (1998an) burututako beste ikerketan, eremu lauko eseritako posizioa eta aldapa gorako zutikako posizioan emandako mugimendu zinetikoak aztertu ziren. Zinetika mugimendu aldaketak gorputzaren posizio aldaketei esker ikusi dira, enborrean, aldakan, belaunean zein orkatilan (Irudia 7). Eliteko 8 txirrindulariek beraien VO_2 max-aren %80-an burutu zuten ikerketa baina kadentzia espezifikorik gabe. Honek, posizio aldaketan eragina izan dezakeela ikusi da, izan ere, eremu lauko eseritako posizioan 82rpm-ko kadentzia neurtu zen eta zutikako posizioan 65rpm. Goiko gorputz adarretik hasita, enborrean aldaketa esanguratsuak nabarmendu dira bi posizioak aztertuta. Eserlekuan ez bermatuta, enborrean mugimendu handiagoak ematen dira zutikako posizioan. Honek, aldakaren aurreratze eta igotze bat ekarri duela ikusi da. Aldakarekin jarraituz, eseritako posizioan ez da gora-beherako mugimendurik ematen eserlekuaren laguntzagatik. Eserlekuan ez bermatzeak, gorputzaren pisuak bizikletako zati ezberdinetara aldatzea eraman du, pedal zein eskulekuekara esaterako.

Honekin garbi ikusi da, eserlekuan bermatuta joan edo ez parametroak guztiz aldatzen direla (Caldwell et al., 1998).



Irudia 7 Zutikako zein eseritako gorputzaren zinematika (Caldwell et al., 1998).

Honekin jarraituz, pedalaren angeluak ere garrantzi handia duela ikusi da, gorputzaren posizioaren arabera eta bertan jartzen dugun pisuaren arabera angeluak aldatzen baitira. Pedalaren angeluen inguruko ikerketak, bielaren ziklo osoan ematen diren aldaketen bitartez aztertzen dituzte, bielaren ziklo osoa 360° direla kontuan izanik; 0° eta 360° bielaren zati gorena, 90° bielaren beheanzko faseko erdiko zatian, 180° bielaren zati baxuena eta 270° bielaren igoera faseko erdiko zatian. Horretaz gain, pedalaren angelua ardatz bertikalarekiko ere definitu daiteke, 90° -ko posizioak pedala horizontala dagoela esan nahi duelarik (Caldwell et al., 1998). Irudia 8-an ikusi daitekeen moduan, zutik jartzerakoan behatzek beheantza joateko joera dute. Ikerketan ikusi da aldapa gorako eseritako posizioan ematen dela behatzak gorago eramateko joera dagoela. Aldiz, aldapa gorako zutikako posizioan, pedalaren edo behatzen norabideak beheanzko inklinazioa du. Posizio honekin jarraituz, eseritako bi posizioen azpitik mantentzen dela ikusi da bielaren ziklo osoan, ematen den pikoko ezberdintasuna aldapa gorako zutikako zein eseritako posizioetan 24° eta 14° da hurrenez hurren (Caldwell et al., 1998)(Irudia 8).



Irudia 8 Pedalaren angelua ziklo osoan (Caldwell et al., 1998).

Hemen, pedalaren angeluaren eta bertan aplikatutako indarraren arteko erlazioa ikusi dezakegu. Ondorio praktiko bezala, pedalaren beheanzko inklinazioarekin aldapa gora zutik joanda, indar handiagoa aplikatzen da eseritako posizioarekin alderatuta. Lehen esan bezala, honekin zerikusi handia du gorputzak duen jarrerak eta honekin loturik dagoen grabitate zentroaren aldaketak.

4. Oxigeno kontsumoa eta efizientzia:

Oxigeno kontsumoarekin jarraituz, esan dezakegu oxigeno kontsumo maximoa pertsona batek oxigenoa hartzeko, garraiatzeko eta erabiltzeko duen gaitasuna dela. Parametro hau oso erabilia da gaur egun txirrindularitza munduan eta ikerketa asko egiten dira subjektuaren oxigeno kontsumo maximoaren baloreetan oinarrituz. Nire gaiarekin jarraituz ere zerikusi handia izan dezakeela pentsatzen dut, parametro hau aldatu daitekeelako txirrindulariak pedalkatzeko hautatutako posizio ezberdinen arabera. Posizioaren araberako ikerketa oso gutxi dago gaur egun, beraz, aurkitutako artikulua gutxi horien bitartez gauzatu dut.

Pedalkada efizientzia ona izatea ezinbestekoa da bizikletaren gainean doan txirrindulari batentzat. Hau, txirrindulariaren ekonomiaren edo energia gastuarekin erlazionatuta dago, zenbat eta efizienteagoak izan energia aprobetxamendua handiagoa izango baita pedalkada bakoitzean.

Horretarako, txirrindulariaren kadentzia ekonomikoa zein den jakiteko, 1992an eginiko ikerketa batean, 14 txapelketetako txirrindulari lasterka egiteko zintan bizikletan neurtu dira (Swain & Wilcox, 1992). Ikerketa aurrera eramateko, maldan gora (%10) eginiko neurketetan eta 11,3km/h-ko abiaduran, kadentzia ezberdin eta pedalkatzeko posizio ezberdinetan oinarritu dira. Batetik, 84rpm-ko kadentzian eseritako posizioan, bestetik, 41rpm-ko kadentzian eseritako posizioan eta azkenik, 41rpm-ko kadentzian zutikako posizioan. Ikerketako datuak aztertuz, aldapa gora kadentzia altuak eramatea ekonomikoagoa dela ikusi da kadentzia baxuekin alderatuta. Baina bizikleta gaineko posizioetan zentratuko bagina ez da aldaketa esanguratsurik eman 41rpm-ko kadentzietan, ez zutik ezta eserita ere. Aldiz, eserita 81rpm-ko kadentziako proba, zutik 41rpm-ko kadentziako probarekin alderatzen badugu, aldaketa esanguratsuak ematen dira bihotz maiztasun, oxigeno kontsumo zein aireztapenean. Hala nola, eserita 84rpm-ko kadentzia balore askoz ere baxuagoak emanez. Amaitzeko, garbi

ikusi da 41rpm-ko kadentzian zutik joanda ez duela inongo hobekuntza ekonomikorik egin txirrindulariengan (Swain & Wilcox, 1992).

Honekin jarraituz, interesgarria izango litzateke intentsitate edo abiadura eta maldaren portzentaia ezberdinetako probak burutzea. Azken finean, ikerketa honetako emaitzak intentsitate eta malda mota batekoak direnez, datu ezberdin gehiago izatea oso garrantzitsua izango litzateke aldapa gorako kadentzia ekonomia edo posizio egoera idealak zein diren jakiteko.

Txirrindulariak aldapa gora edo eremu lau batean energia gastu ezberdinak izan ditzake, eserita edo zutik joanda eta kadentzia altuetan edo baxuetan joanda. Eremu lauetan, kanpoko faktoreen garrantzia handiagoa da aldapa gorako kasuetan baino. Esaterako, airearen abiadura eta txirrindulariaren posizioa faktore garrantzitsuak izan ahal dira energia gastuari begiratuta. Bizikleta gainean zenbat eta babestuago egon, airearen eragina txikiagoa izango da gure propulzioan, eta ondorioz, energia gastua ere murriztuko da. Bestetik, txirrindulariari aireak zenbat eta gehiago jo, energia gastua handiagoa izango da eta aire gutxi jotzen dion txirrindulariaren abiadura mantentzea gehiago kostatuko zaio. Aldiz, gastua zenbat eta txikiagoa izan, denbora gehiago mantentzeko ahalmena izango du txirrindulariak eskatutako intentsitatean. Horregatik esaten da energia gastua eta efizientzia elkar erlazionatuta daudela.

1991an 10 txirrindulariei lasterka egiteko zintan egindako ikerketa batean ikusi da, %4-ko maldan 19,3km/h-ko abiaduran eta 60rpm-ko kadentzian zutik joanda, energia gastua handiagoa dela eserita baino oxigeno kontsumo datuen arabera (Ryschon & Stray-Gundersen, 1991). Hau da, eskatutako lan berdina, eseritako posizioan oxigeno kontsumo balore baxuagoetan burutu dela zutikako posizioarekin alderatuta. Ikerketa laborategi bateko leku itxi batean burutu zen haizearen eraginik gabe neurtzeko, bizikleta lasterka egiteko zinta baten gainean kokatuz. Honekin esan dezakegu, zutikako posizioan energia gastu handiagoa eman dela eskatutako lanaren arabera. Lehen aipatu bezala, oxigeno kontsumoan eman da aldaketa esanguratsuetako bat zutikako posizioa eta eseritakoa konparatuz. Bestetik, bihotz maiztasunean ere aldaketa nabaria eman da zutikakoan 10 bihotz taupada gehiago izanez eseritakoaren alderatuta. Honekin esan dezakegu, eskatutako intentsitate eta kadentziak berdinak izanik bi posizioetarako, zutikako posizioan energia kostua handiagoa eman dela (Ryschon & Stray-Gundersen, 1991) (Irudia 9).

Aldiz, leku itxian egindako ikerketa izanik, ziurtasun maila galdu dezake airearen erresistentzia kenduta lasterketa egiteko zintan burutu delako.

TABLE 3. Heart rate, RER, and oxygen uptake for alternate body positions (seated vs standing) at 19.3 km·h⁻¹ and 4% grade (60 rev·min⁻¹).

Variable	Standing (Hoods)	Seated (Hoods)
$\dot{V}O_2$ (l·min ⁻¹)	2.49 ± 0.10* (12.1%)	2.22 ± 0.09 (12.6%)
$\dot{V}O_2 \cdot CW^{-1}$ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	31.7 ± 0.4* (4.3%)	28.3 ± 0.7 (8.3%)
$\dot{V}O_2 \cdot BW^{-1}$ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	37.0 ± 0.7* (5.7%)	33.0 ± 1.0 (9.1%)
% $\dot{V}O_{2max}$	57.6 ± 1.7* (9.4%)	51.5 ± 2.1 (13.0%)
RER	0.95 ± 0.01*	0.92 ± 0.01
HR	137 ± 5*	127 ± 4

Values are mean ± SE.

* Significant ($P < 0.01$) difference between standing and seated positions. $N = 10$. $\dot{V}O_2$ = oxygen uptake; $\dot{V}O_2 \cdot CW^{-1}$ = oxygen uptake relative to the combined weight of rider + bicycle; $\dot{V}O_2 \cdot BW^{-1}$ = oxygen uptake relative to body weight; % $\dot{V}O_{2max}$ = percentage of maximal oxygen uptake; RER = respiratory exchange ratio; HR = heart rate. Coefficient of variation appears adjacent to each expression of oxygen uptake (in parenthesis).

Irudia 9 Zutikako eta eseritako posizioen datuak (Ryschon & Stray-Gundersen, 1991)

2002an 8 txirrindulari entrenatuei egindako ikerketa batean, posizio ezberdinetan aldapa gora eta eremu lauan joanda ekonomian zituen efektu ezberdinak neurtu ziren (Millet et al., 2002). Proba ezberdinak burutu zituzten txirrindulariek, laborategian zein aldapa gorako egoeretan. Irudia 10-an ikusi dezakegun bezala, eremu lauan eserita eta aldapa gora zutik zein eserita egin ziren neurketak, txirrindulariaren irteerako potentzia pikoaren %75-eko intentsitatean. Kadentzia ere kontrolatua izan da, eremu lauan 90rpm eta aldapa gora 60rpm. Bertan ikusi daiteke, potentziari dagokionez, aldapa gora zutikako posizioan potentzia maximo handiagoa eman dela eseritako posizioarekin alderatuta. Hau, jakinik intentsitate eta kadentzia berdinean burututa dela. Txirrindularien bihotz maiztasunari erreparatuz, zutikako posizioan bihotz taupada altuagoak eman ditu eseritakoarekin alderatuz baina oxigeno kontsumoaren baloreak berdinak izan direla ikusi da. Bestetik, zutikakoan arnasketa maiztasun edo aireztapenari dagokionean, aldaketa esanguratsuak eman direla ikusi da eseritako posizioarekin alderatuz. Azkenik, ekonomian zentratuz, ez da aldaketa esanguratsurik bilatu zutikako zein eseritako posizioan aldapa gora. Gorputzaren posizio aldaketak dituen eraginak ikusi ditzakegu balore hauekin (Millet et al., 2002).

TABLE 5. Values of mechanical power output (P_{mec}), velocity (V), pedaling cadence (cadence), heart rate (HR), oxygen consumption ($\dot{V}O_2$), ventilation (E), respiratory exchange ratio (RER), rate of perceived exertion (RPE), gross efficiency (GE), and economy (EC) in level and uphill-seated and standing positions; mean ± SD (CV).

Condition	P_{mec} (W)	V (km·h ⁻¹)	Cadence (rpm)	HR (bpm)	$\dot{V}O_2$ (L·min ⁻¹)	E (L·min ⁻¹)	RER	RPE (points)	GE (%)	EC (kJ·L ⁻¹)
Seated-Level	279.6 ± 34.7 (3.8%)	35.8 ± 1.7 (1.4%)	90.5 ± 6.5 (1.4%)	160.3 ± 8.9 (1.9%)	53.3 ± 1.8 (5.1%)	94.8 ± 16.1 (3.2%)	0.97 ± 0.03 (2.2%)	10.0 ± 1.6 (7.1%)	22.4 ± 0.8 (6.9%)	4.7 ± 0.2 (7.0%)
Seated-Uphill	286.6 ± 35.3 (1.1%)	18.3** ± 1.3 (1.0%)	58.9** ± 4.1 (1.1%)	161.4 ± 9.3 (2.1%)	55.3 ± 1.2 (2.5%)	88.5 ± 10.9 (5.2%)	0.95 ± 0.03 (3.6%)	11.1 ± 2.3 (4.1%)	22.2 ± 1.3 (2.3%)	4.6 ± 0.3 (1.9%)
Standing-Uphill	292.1 ± 34.6	17.9** ± 1.2	58.5** ± 4.1	169.9** ± 12.1	55.4 ± 5.3	97.2# ± 8.1	0.97 ± 0.05	9.9 ± 1.9	22.5 ± 1.9	4.7 ± 0.5

* $P < 0.05$, ** $P < 0.001$ for differences with the Seated-Level condition; # $P < 0.05$ for differences between the Seated-Uphill and the Standing-Uphill conditions.

Irudia 10 Zutikako eta eseritako emaitzak intentsitate eta kadentzia arabera (Millet et al., 2002)

Irudia 9-ko analisia eginda eta bertako datuak ikusita, esan daiteke datu fidagarriagoak direla oxigeno kontsumoari eta bihotz maiztasunari begiratu gero. Izan ere, Irudia 10-eko oxigeno kontsumo datuak ez aldatzea oso arraroa dela esan daiteke zutikako eta eseritako posizioak aztertuta. Gainera, bi ikerketetan txirrindulariek eskatutako lana oso antzekoa izan da intentsitatean eta kadentzian aldiz berdina, 60rpm hain zuzen ere. Bihotz maiztasunari dagokionez bi ikerketetan aldaketa esanguratsuak eman dira, hau da, zutikako posizioan bihotz maiztasun datuak altuagoak izan dira eseritako posizioarekin alderatuta. Beraz, esan dezakegu Irudia 10-eko datuak ez direla hain fidagarriak, izan ere bihotz maiztasuna nabarmen igota zutikako posizioan, oxigeno kontsumoa ere normalean igo egin beharko litzateke esfortzu handiagoa egin beharra dagoelako eskatutako lan berdina mantentzeko. Horrekin loturik, oxigeno beharra ere handiagoa izango denez, oxigeno kontsumoa ere igo egin beharko litzateke. Hala ere, oxigeno kontsumoaren datuak bat ez datozen arren, aldapa gorako eseritako zein zutikako posizioak eramatea oso antzekoa dela ikusi da. Kadentzia berdinean abiadura konstante mantentzeko ahalmena dutela ikusi delako eta bestetik, abiadura berdina mantentzeaz gain, ekonomia aldetik ere bi posizioetan balore berdinak mantendu direlako.

Ikerketei jarraipena emanez, 2008an intentsitate handiko aldapa gorako ikerketa egin zitzaizen 10 txirrindulariei errendimendua hobetzeko asmoz (Hansen & Waldeland, 2008). Hasieran proba bat burutu zen txirrindulari bakoitzaren irteerako potentzia maximo anaerobikoa kalkulatzeko, gero horren arabera intentsitate tarteetan burututako neurketak egiteko. Ikerketa lasterka egiteko zinta batean bizikleta gainean burutu zuten %10-eko maldan eta hasieran egindako probaren arabera intentsitate tarteetan egin zituzten irteerak: %86 W_{max} , %96 W_{max} , 118 W_{max} eta %165 W_{max} -ean hain zuzen ere. Intentsitate tarte ezberdinetan burututako irteeretan, nekerarte igarotako denboraren arabera neurtu zuten txirrindulari bakoitzaren errendimendua. Irudia 11-an ikusi daitekeen moduan, eskatutako potentzia tarte ezberdin guztietan, kadentzia mailak nabarmen egin du behera zutikako posizioan eseritakoarekin alderatuta. Bihotz maiztasunari dagokionez, baloreak oso parekatu mantendu dira bi posizioak alderatuta, nahiz eta zutikakoan zerbait altuagoak eman diren. Oxigeno kontsumoari erreparatuta, %118 W_{max} eta %165 W_{max} -ean eman dira aldaketa esanguratsuak zutikako eta eseritako posizioak alderatuta, zutikako posizioan oxigeno kontsumo balore handiagoekin hain zuzen ere. Azkenik, ikusitako datuen arabera, txirrindulariaren errendimendu onena ateratzeko %86 W_{max} -ean zutikako zein eseritako posizioak txandakatu ditzakeela ikusi da txirrindulariaren erosotasunaren arabera. Aldiz, %165 W_{max} -ean zutikako posizioan errendimendu hobea eman dute txirrindulariek eta honenbestez

potentzia hauen inguruan zutikako posizioa eraginkorragoa dela ikusi da (Hansen & Waldeland, 2008).

Table III. Results from the performance trials that were carried out until exhaustion, at a treadmill grade of 10%, at individual speeds (mean \pm s; $n = 10$).

	Technical demand	Power output (W)	Pedal rate (rev \cdot min ⁻¹)	Heart rate (beats \cdot min ⁻¹)	\dot{V}_E (l \cdot min ⁻¹)	$\dot{V}O_2$ (ml \cdot min ⁻¹)	RER	BLa (mmol \cdot l ⁻¹)
86% of W_{max}								
Seated	2.3 \pm 0.8	379 \pm 27	89 \pm 5 ^a	187 \pm 5	174 \pm 16	5269 \pm 520	1.10 \pm 0.06	8.9 \pm 1.1
Standing	2.7 \pm 0.9	379 \pm 28	72 \pm 6	187 \pm 5	169 \pm 16	5318 \pm 479	1.07 \pm 0.06	8.7 \pm 1.1
96% of W_{max}								
Seated	2.6 \pm 0.5	421 \pm 31	92 \pm 2 ^a	184 \pm 4	167 \pm 20	5278 \pm 508	1.16 \pm 0.05	9.1 \pm 0.7
Standing	2.7 \pm 1.5	422 \pm 30	74 \pm 3	186 \pm 5	170 \pm 18	5303 \pm 380	1.14 \pm 0.04	9.3 \pm 1.0
118% of W_{max}								
Seated	1.8 \pm 0.4 ^a	523 \pm 39	101 \pm 3 ^{a,b}	181 \pm 7	164 \pm 28	4946 \pm 290 ^a	1.17 \pm 0.11	8.3 \pm 1.2 ^a
Standing	2.6 \pm 1.0	520 \pm 40	80 \pm 6 ^b	184 \pm 4	177 \pm 11	5247 \pm 436	1.20 \pm 0.08	9.0 \pm 1.1
165% of W_{max}								
Seated	1.8 \pm 0.4	733 \pm 58	104 \pm 3 ^{a,b}	176 \pm 5	117 \pm 30 ^a	3527 \pm 733 ^a	1.02 \pm 0.12 ^a	7.1 \pm 1.3
Standing	2.4 \pm 1.0	734 \pm 58	89 \pm 4 ^b	179 \pm 4	140 \pm 19	4816 \pm 502	0.95 \pm 0.12	7.7 \pm 0.6

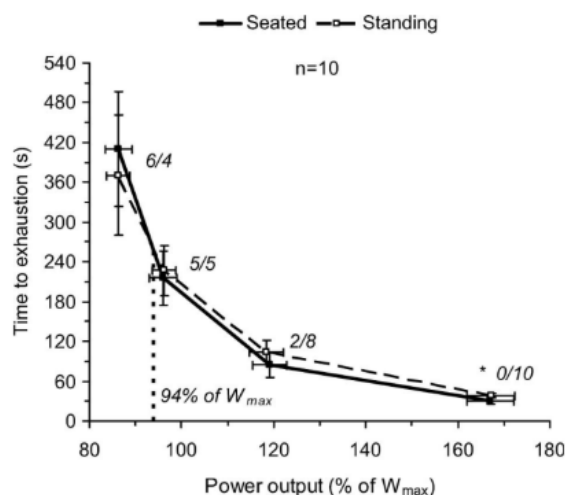
^aDifferent from standing ($P < 0.05$).

^bDifferent from the corresponding cycling position at 86% of W_{max} .

\dot{V}_E = rate of pulmonary ventilation. RER = respiratory exchange ratio. BLa = blood lactate concentration. Physiological responses are peak values.

Irudia 11 Zutikako eta eseritako posizioen neurketak potentzia ezberdinetan (Hansen & Waldeland, 2008).

Aurrez esan bezala, txirrindularien errendimendua nekerarte iraun zuten denboraren arabera neurtu zen eta azkenik denen arteko batzbestekoa atera. Ikertutako 4 abiadura ezberdinetatik, Irudia 12-an ikusi daitekeen moduan, intentsitate tarte handiengan bakarrik eman dira aldaketa esanguratsuak, hau da, %165 W_{max} -ean bakarrik. Datu argiagoak ematekotan, 7 segundu beranduago iritsi dira nekera zutikako posizioan eseritako posizioarekin alderatuta %165 W_{max} -ean. Horrekin lotuta, errendimendua hobea izan da zutikako posizioan, hau da, %27 hobeagoa (Hansen & Waldeland, 2008). Beraz, potentzia maximoetan burututako lanak zutikako posizioan egitea eraginkorragoa dela esan daiteke, nekea beranduago iritsiko delako eta potentzia maximo horretan mantentzeko ahalmena handiagoa delako.



Irudia 12 Intentsitate tarte bakoitzeko neke denbora batazbestekoa (Hansen & Waldeland, 2008).

Posizio bakoitzaren efizientzia aztertzen jarraituz, 2018an 13 eliteko txirrindulariei egindako ikerketan ikusi da, aldapa gorako egoeretan zutikako zein eseritako posizioen aldaketak eginda, abiadura konstantea mantentzen zutela igoeran zehar (Bouillod & Grappe, 2018). Ikerketaren metodologia honakoa izan da, 3km-ko igoera bat 3 aldiz burutu da bertan ateratako datuak konparatzeko, igoera batetik bestera 30 minutuko atsedenarekin. Erlojuaren aurkako simulazioa, erritmoa norberak egokituta eta posizioak libreki aldatzeko aukerarekin gauzatu da. Irudia 13 Erlojuaren aurkako igoerako datuak zutikako zein eseritako posizioetan (Bouillod & Grappe, 2018). Irudia 13-an ikusi daitekeen moduan, igoeran zehar zutik egindako denbora tartean, potentzia balore handiagoak lortu dira eta eseritako posizioan abiadura berdina mantendu da. Zutikako posizioan mantendutako denboran, kadentzia jaitsi egin da. Aldiz, potentzia balore handiagoak izateak kostu mekaniko handiagoa suposatu du txirrindulariengan, baina bihotz maiztasun igoera eta oxigeno kontsumo baloreen igoerarik ez da eman zutikako posizioan mantendutako denboran zehar. Igoerako denbora totalari erreparaturaz, zutikako posizioan %20 burutu dela ikusi da eta gainontzekoa eseritako posizioan. Zutikako posizioan mantendutako denborarekin jarraituz, zenbat eta denbora gehiago mantendu zutik potentzia balore baxuagoak eman direla ikusi da (Bouillod & Grappe, 2018).

Datu hauek ikusi eta aztertu ostean, esan daiteke txirrindulariek zailtasunak izan dituztela igoeran zehar eseritako posizioan abiadura konstantea mantentzeko, hau da, zutikako posizioa igaro behar izan dute abiadura hori mantendu ahal izateko. Aldiz, kostu mekanikoaren igoera nabarmen igoenez zutikako posizioan igarotako denboran, esan daiteke potentzia handiagoa aplikatzeagatik eman dela. Honekin jarraituz, zutikako posizioan mantentzeko denbora ere murriztu egingo dela esan daiteke kostu mekaniko igoeragatik.

Azkenik, efizientzia ere jaitsi egingo da potentzia baloreek ere behera egingo dutelako zutikako posizioan mantendutako denborak gora egin ahala.

Table 2. Time during the climb (T_{climb}), power output (PO), PO expressed as a percentage of maximal aerobic power (% MAP), speed (V), mechanical cost (MC), pedalling cadence, tangential force (F_{tang}), oxygen consumption (VO_2), VO_2 expressed as a percentage of maximal oxygen consumption (% VO_{2max}), carbon dioxide production (VCO_2), respiratory exchange ratio (RER), heart rate (HR), ventilatory equivalent ratio for oxygen (VE/VO_2), ventilatory equivalent ratio for carbon dioxide (VE/VCO_2), tidal volume (VT), breathing frequency (BF) and pulmonary ventilation (VE) averaged over the three uphill time trials (total TTs) in the seated and standing positions.

Variables	Seated	Standing	Total TTs	Effect Size	Interpretation
T_{climb} (s)	273.3 ± 66.9	78.2 ± 58.2*	349.5 ± 23.8	3.23	Large
PO (W)	393 ± 26	442 ± 62*	401 ± 23	-1.09	Large
% MAP	94.2 ± 6.1	106.1 ± 14.8*	96.3 ± 4.6	-1.09	Large
PO ($W \cdot kg^{-1}$)	5.9 ± 0.4	6.7 ± 0.9*	6.1 ± 0.4	-1.20	Large
V ($km \cdot h^{-1}$)	19.5 ± 2.1	19.2 ± 3.7	19.5 ± 2.3	0.13	Trivial
MC ($J \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$)	1.13 ± 0.11	1.34 ± 0.33*	1.17 ± 0.12	-0.91	Large
Pedalling cadence (rpm)	89 ± 4	82 ± 5*	87.0 ± 2.4	1.77	Large
F_{tang} (N)	245 ± 21	299 ± 42*	255 ± 18	-1.72	Large
VO_2 ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$)	74.9 ± 6.0	74.3 ± 6.3	74.8 ± 6.0	0.10	Trivial
% VO_{2max}	93.9 ± 7.6	93.1 ± 7.9	93.9 ± 5.5	0.10	Trivial
VCO_2 ($l \cdot min^{-1}$)	5.1 ± 0.5	5.0 ± 0.4	5.1 ± 0.4	0.11	Trivial
RER	1.02 ± 0.06	1.02 ± 0.06	1.02 ± 0.05	-0.05	Trivial
HR (bpm)	182 ± 6	183 ± 7	182.1 ± 6.0	-0.19	Trivial
VE/VO_2	33.1 ± 4.1	34.0 ± 4.5	33.2 ± 4.1	-0.21	Small
VE/VCO_2	32.4 ± 4.2	33.1 ± 4.3	32.5 ± 4.2	-0.18	Trivial
VT (l)	2.8 ± 0.3	2.7 ± 0.3	2.8 ± 0.3	0.22	Small
BF ($br \cdot min^{-1}$)	62.2 ± 6.7	64.5 ± 6.9	62.4 ± 5.9	-0.36	Small
VE ($l \cdot min^{-1}$)	171.2 ± 22.9	173.8 ± 25.3	171.5 ± 23.1	0.11	Trivial

* Significant difference between seated and standing positions ($p < 0.001$)

Irudia 13 Erlojuaren aurkako igoerako datuak zutikako zein eseritako posizioetan (Bouillod & Grappe, 2018).

Oxigeno kontsumo eta bizikleta gaineko bi posizioen ikerketekin jarraituz, 1996an 7 txirrindulari lehiatzailei egindako ikerketan, oxigeno kontsumo eta aldapa gorako ikerketa ezberdinak burutu zitzairen (Tanaka et al., 1996). Txirrindulari bakoitzak 8 test mota burutu zituen aldapa gorako testean eta hau lasterka egiteko zintan bizikleta gainean egin zen. 8 testak honela sailkatu ziren; aldapako bi gradu ezberdinetan (%4 eta %10), bi kadentzia ezberdinetan (48rpm eta 60 rpm) eta bizikleta gaineko bi posizio ezberdinetan (zutik eta eserita). 8 test ezberdin hauetan oxigeno kontsumoa, bihotz maiztasuna eta RPE orokorra zein hanketako eskatu zitzairen txirrindulariei test bakoitza amaitu ostean.

Irudia 14-an ikusi daitekeen moduan, %4-ko aldapan burututako testetan, zutikako posizioan oxigeno kontsumo eta bihotz maiztasun balore handiagoak eman direnez, aldaketa esanguratsuak eman direla ikusi da. Datu hauek ikusita, esan daiteke zutikako posizioan abiadura konstantea mantentzeko %4-ko aldapan energia kostu handiagoa izango dutela txirrindulariek. Aldiz, aldaparen portzentaia handitu ahala (kasu honetan %10-eko aldapa), oxigeno kontsumo eta bihotz maiztasunaren baloreak antzeko mantentzen direla ikusi da. Bestetik, %10-ko aldapan, aldaketa esanguratsak eman direla ikusi da txirrindularien hanketako RPE baloreetan. RPE, txirrindulariak testa amaitzean izan duen esfortzuaren pertzepzioa da eta hau subjektiboa izango da txirrindulari batetik bestera baina oso baliagarria izan daiteke beraien esfortzua neurtzeko. RPE baloreei dagokienez, txirrindulariak %10eko aldapan zutikako posizioan balore baxuagoak izan dituztela ikusi da bi kadentzietan, hau da,

eseritako posizioan hanketatik gehiago sufritu dutela azaleratu dute. Honekin esan dezakegu portzentai handiko aldapetan hanketako esfortzu sentsazioa txikiagoa dela zutikako posizioan.

Variable	48 rpm		60 rpm	
	Seated	Standing	Seated	Standing
	20 km · hr ⁻¹ up a 4% grade			
VO ₂ (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)*	38.3 ± 0.7	40.4 ± 0.5	39.4 ± 0.8	41.8 ± 0.8
Heart rate (bpm)*	142.2 ± 3.3	147.7 ± 4.3	145.9 ± 4.5	154.0 ± 4.7
Overall RPE	11.0 ± 0.9	10.6 ± 1.2	10.3 ± 1.1	11.4 ± 1.2
Leg RPE	10.7 ± 0.7	9.7 ± 0.8	9.7 ± 1.0	10.7 ± 0.9
	12 km · h ⁻¹ up a 10% grade			
VO ₂ (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	55.7 ± 0.4	55.3 ± 0.5	55.2 ± 0.9	56.8 ± 0.9
Heart rate (bpm)	172.8 ± 3.9	174.8 ± 4.3	175.8 ± 5.0	179.2 ± 3.9
Overall RPE	15.7 ± 0.9	14.9 ± 1.0	16.4 ± 1.3	14.9 ± 0.9
Leg RPE*	16.1 ± 1.1	14.1 ± 0.8	16.4 ± 0.8	14.3 ± 0.9

Note. RPE = rating of perceived exertion.

* A significant difference ($p < .05$) between seated and standing positions.

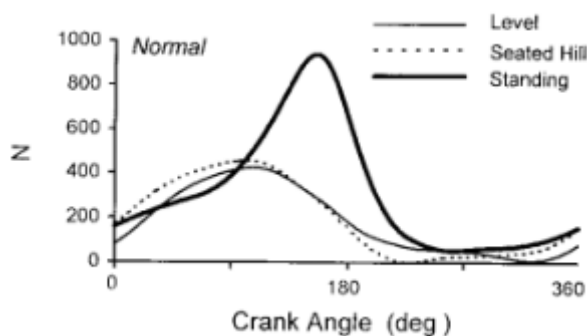
Irudia 14 Aldapa gorako neurketak kadentzia, posizio, aldapa eta abiadura ezberdinetan (Tanaka et al., 1996).

5. Zinetika:

Pedalkada bakoitzean bielan aplikatzen den indar momentu edo torkea aldatu egingo da gorputzaren posizioaren arabera. Hau argitzeko, 1998an egindako ikerketa batean, pedalean aplikatutako indarrak neurtu dira bielaren graduaren arabera. 8 eliteko txirrindulariei, eremu lauan eserita, aldapan eserita zein aldapan zutik egin zitzaizkien neurketak. Irudia 15 -an ikusi daiteken moduan, txirrindulariek aplikatutako indar normalaren grafika ikertu da. Indar normala txirrindulariak pedalean aplikatutako indar bertikala da. Indar normal hau positiboa zein negatiboa izan daiteke, hau da, positiboa izango da pedalkada bira batean beheranzko indar bertikala ematen denean eta negatiboa, pedalkada biran zehar goranzko indar bat ematen denean. Negatiboaren kasuan, berrekuratze fasean egindako goranzko indar bat ematen denean gerta daiteke indar normal negatibo hori eta horren ondorioz grafikan indar negatibo bezala agertuko litzateke. Ikerketaren metodoa honakoa izan zen, eremu lauan 5 minutuz, %8-ko aldapan 10 minutuz eta amaitzeko 5 minutuz eremu lauan jardun ziren subjektuak bakoitzaren VO₂max-aren %80ean. Aldapa gora zutik joateak pedalean aplikatutako indar maximoa askoz handiagoa zela ikusi zen beste posizioekin alderatuta. Indar maximo hau 180° baino lehenago eman zen aldapa gora zutikako posizioan eta eseritako bi posizioetan aldiz, bietan 90° pasa eta berehala. Bestetik, aldapa gorako eseritako posizioan, aplikatutako indar maximoaren piko pixka bat handiagoa da eremu laueko eseritako posizioarekin alderatuta. Aldiz, zutikako posizioan eserita aplikatutako indarraren kurba minimoa lehenago

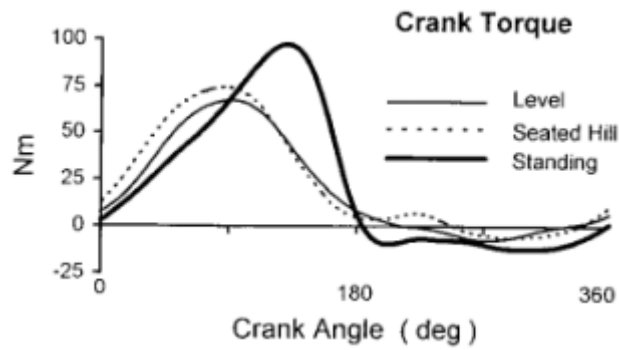
ematen da, 180° pasa eta berehala. Ondoren 3 posizioek bide antzekoa jarraitzen dute goiko puntu hilerira iritsi arte (0° edo 360°) (Caldwell et al., 1998).

Honekin, esan dezakegu aldapan zutikako posizioan eseritako posizioa baino beranduago ematen dela pedalean aplikatutako indar maximoaren piko. Honekin zerikusi handia izan dezake gorputzaren posizioak, hau da, zutik jartzean gorputza aurreratu egiten da eta honekin batera grabitate zentroa. Honek ekarri dezake, aplikatutako indar maximo piko beranduago ematea.



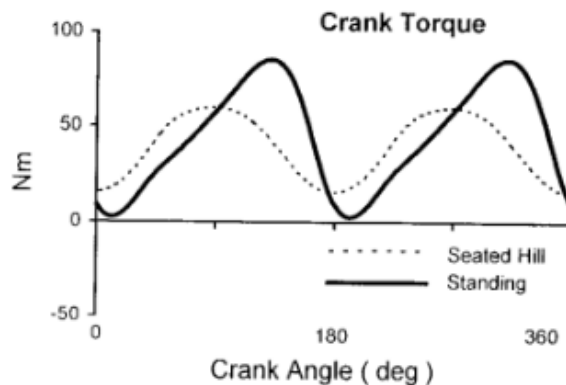
Irudia 15 Posizio ezberdinetako indar normala (Caldwell et al., 1998).

Bielari erreferentzia eginez, txirindulariaren torkea aztertu da. Pedalkada ziklo batean aplikatutako indarra (fase positiboa: 0° - 180°) eta bielaren berreskuratze fasean (fase negatiboa: 180° - 360°) uzten den pisua ikusten da (Irudia 16). Zutikako posizioan torkearen piko maximoa beranduago baina piko handiagoa eman dela ikusi da eseritako posizioekin alderatuta. Aldiz, bielaren berreskuratze fasean, zutikako posizioan pisu gehiago uzten duela ikusi da pedalean eta ondorioz fase negatiboa handiagoa da. Fase negatibo honi erreparatuz, zenbat eta txikiagoa izan fase hau orduan eta efizienteagoak izango gara pedalkadan zehar. Ondorio bezala, eseritako posizioa pixka bat eraginkorragoa dela esan dezakegu bielaren berreskuratze fasean. Eredu lauan eta aldapan eseritako posizioan zentratuz, ematen diren ezberdintasunak oso txikiak direla ikusi da eta ziklo osoan maila antzekoan mantentzen dira (Caldwell et al., 1998).



Irudia 16 Eskuineko bielaren torkea pedalakda ziklo osoan (Caldwell et al., 1998)

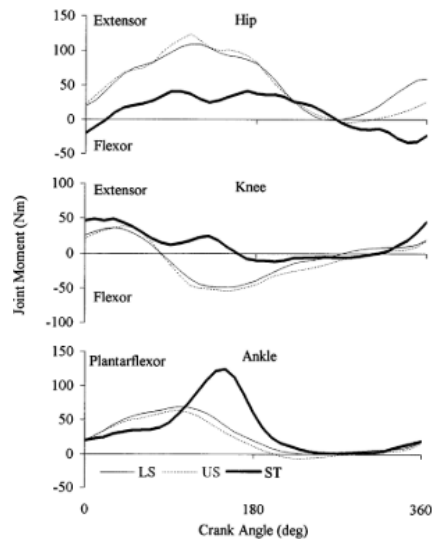
Txirrindulariaren torkearekin jarraituz, Irudia 17-an ikusi daitekeen moduan, eseritako eta zutikako posizioak azertu dira aldapa gorako egoeran. Bertan, fase bakoitzean, eskuin zein ezkerreko pedalaren torke totala azertu daiteke. Bi posizioak aztertuta, torkearen batz bestekoa berdina izan dela ikusi da, txirrindulariei eskatu zaien lana intentsitate eta kadentzia aldetik berdina izan delako. Nahiz eta zutikako posizioan piko handiagoa eman, 180° pasa eta berehala jaitsiera handiagoa eman dela ikusi da eseritako posizioaren alderatuta. Jaitsiera handiago hau, zutikako posizioan eserlekuaren euskarririk pisua kentzean, hanketan jartzen den pisu igoeragatik eta baita grabitatean ia gorputz osotik behera tiratzen delako ematen dela esan daiteke. Horrela, batz bestekoak parekatu dira. (Caldwell et al., 1998).



Irudia 17 Eskuin zein ezkerreko pedalen torkea bi posizioetan (Caldwell et al., 1998).

Honekin jarraituz, artikulazioek ere ezinbesteko garrantzia dute pedalkada ziklo batean zehar. Ziklo oso batek 360° dituela jakinda, aldaka, belaun zein orkatiletan flexio-estentsio ezberdinak ematen dira. 1998an egindako ikerketa honetan, 3 artikulazio hauen azterketa egin da. Pedalkada ziklo osoan zehar estentsiogileek duten garrantzia nabarmendu da, aldaka, belaun zein orkatilan. Zutikako posizioari dagokionez, %8-ko maldan egindako neurketen arabera, ia

ziklo osoan zehar 3 artikulazioetako estentsiogileek egiten dute lana. Pedalkada jaitsieran ere 3 artikulazioetako estentsiogileek egiten dute lanaren %100. Aldiz, eseritako posizioko belaunaren kasuan, pedalkadako jaitsiera erdian belauneko flexiogilearen lana hasten dela ikusi da. Azkenik, zutikako zein eseritako posizioetan artikulazioek duten lan maila oso aldakorra dela ikusi da batetik bestera, orkatilako estentsiogileek zutikako posizioan lan askoz gehiago egiten dutela esaterako (Li & Caldwell, 1998) (Irudia 18|Irudia 18).



Irudia 18 Artikulazioen indar momentuak (Li & Caldwell, 1998).

ONDORIOAK

Errebisio bibliografiko hau burutzeko, nire gaiaren inguruan egindako ikerketa kopurua nahiko urria dela esan daiteke. Batetik, bilatutako artikulua gehienak nahiko zaharrak direlako eta bestetik, gaur egun edo orain dela gutxi egindako artikulua eguneratu gutxi dagoelako.

Hala ere, lan hau egiteko izan dudana mugarik garrantzitsuena, ikerketak egiteko erabili diren subjektu kopuru eskasa izan da. Ikerketa gehienetan erabili diren subjektu kopurua zazpikoa, zortzikoa, hamarrekoa... izan direlako. Muga honek ondorio orokorrak ateratzeko zailtasunak eragin dizkit, azkenean subjektu kopuru handiago batekin ondorio orokorrak fidagarriagoak izango lirakeelako. Subjektu kopuru eskasa izan arren, ikerketa ezberdinak irakurri ostean, ondorioetan ez da kontraesan handiegirik egon eta beraz nahiko emaitza fidagarriak direla esan daiteke. Azkenik, ikerketen gehiengoa leku itxian eta zikloergometroan eginikoak dira eta honek bi posizioen inguruko datuak aldatu ditzakeela uste dut egoera errealeko egoerarekin alderatuta, muskuluen aktibazioan esaterako, zikloergometroak mugimendu lateral oszilatarioak egitea ez baitu baimentzen eta beraz egoera errealeko mugimenduak mugatzea dakar honek. Honekin, muskuluen aktibazioa aldatuko da eta berarekin loturik doazen ekonomia zein efizientzia aldatzera eramanez ditzake.

Errebisio bibliografiko honetako ondorioak nahiko argi daudela esan daiteke, zutikako zein eseritako pedalkadaren desberdintasun biomekanikoen aldetik, nahiz eta ikerketa batzuetan kontraesanen bat eman den. Lehenik eta behin, ikerketa ezberdinetan ikusi den moduan, zutikako posizioa malda egoeretan bakarrik ikertu da eta eseritako posizioa aldiz, eremu lauan eta maldan. Honekin ondorioztatu daiteke, logika erabiliz zutikako posizioa malda egoeretan bakarrik izan daitekeela eraginkorra txirrindularientzat. Salbuespen bat dago posizioei dagokionez, potentzia handia eskatzen den egoeretan zutikako posizioa eraginkorragoa dela ikusi da (Turpin et al., 2017). Honekin esan dezakegu potentzia handia eta esplosibitate handiko egoerak eskatzen diren egoeretan berdina dela eremu lauan edo aldapa gorako egoera izan, zutikako posizioa eraginkorragoa izango dela hain zuzen ere. Txirrindulari sprinterren posizioa ikusi besterik ez dago zutikako posizioa eraginkorragoa dela ondorioztatzeko. Bestetik, eremu lauan joatea eseritako posizioa daramaten txirrindulariak eraginkorragoak izaten dira aerodinamikoagoak direlako. Hau, erlojuaren aurkako probetan ikusi dezakegu, proba osoan zehar portzentai oso baxuan jartzen baitira zutik.

Muskuluen aktibitateari dagokionez, aldapa gora gluteo nagusiaren lana ezinbestekoa dela ikusi da zutikako posizioan. Honekin, esan beharra dago bizikletan ibiltzeaz gain muskulu hauen lanketa espezifikoa ere ezinbestekoa izango dela txirrindularien errendimendu goren ateratzeko zein lesioak ekiditeko. Bestetik, gluteo nagusian lesio bat duen txirrindulariari zutikako posizioa erabiltzea ekiditea gomendatuko nioke, posizio honetan bere aktibazioa oso esanguratsua baita. Azkenik, goiko zein beheko gorputz adarretako muskuluen aktibazioen denborak aldatu egiten dira posizioaren zein karga edo kadentzien arabera.

Ondorio nagusi bezala, bi posizioetako bat eraginkorragoa den edo ez erabakitzeke, esan dezakegu ez dagoela ondorio garbirik. Eremu laua ibiltzeko, lehen aipatu bezala, eseritako posizioa eraginkorragoa izango da aerodinamikoagoak garelako. Aldiz, malda egoeran gaudenean, ikerketa ezberdinetan ikusi den bezala, ez dago zutikakoa edo eseritakoa hobeagoa den esaterik. Ikusitakoaren arabera, maldaren portzentaiak zer esan handia izan dezake eseritako posizioa edo zutikakoa eramateko. Izan ere, %4ko maldan eseritako posizioa eraginkorragoa dela ikusi da lan berdina egiteko. Aldiz, %10eko maldan ez da ezberdintasun esanguratsurik aurkitu (Tanaka et al., 1996). Honekin esan dezakegu, zenbat eta malda portzentaia handiagoa izan posizioen artean ez dagoela ezberdintasunik. Beraz, biak erabilgarriak izango liritezke nahiz eta %10eko maldatik gora nire ustez zutikakoa beharrezkoagoa eta erabiliena izango den malda hauek gainditzeko. Azkenik, txirrindulariak bizikleta gainean jarduteko duen moduak ere zeresan handia izan dezake posizio bat edo beste erabiltzeko orduan. Txirrindulari batentzat efizienteagoa izan daiteke egoera batzuetan zutikako posizioa eta beste batentzat eseritakoa.

Amaitzeko, malda ezberdinetan egindako ikerketak ikusita, esango nuke eseritako zein zutikako posizioak txandatzea izan daitekeela eraginkorrena eta erosoena. Aldaketa hauek emanda, gihar esfortzua aldatzen delako, hau da, muskulu ezberdinak aktibatu eta aktibitate denborak ere aldatzen direlako posizio batetik bestera. Ondorioz, giharren aktibazioa eta esfortzua ere txandakatzen joango da eta honekin eraginkorragoak izango ginateke behar dugun lana ahalik eta hobetoen burutzeko.

BIBLIOGRAFIA

- Bertucci, W., Tajar, R., & Grappe, F. (2005). Differences between sprint tests under laboratory and actual cycling conditions. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(3), 277.
- Bouillod, A., & Grappe, F. (2018). Physiological and biomechanical responses between seated and standing positions during distance-based uphill time trials in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 36(10), 1173–1178.
- Caldwell, G. E., Li, L., McCole, S. D., & Hagberg, J. M. (1998). Pedal and crank kinetics in uphill cycling. *Journal of Applied Biomechanics*, 14(3), 245–259.
- Duc, S., Bertucci, W., Pernin, J. N., & Grappe, F. (2008). Muscular activity during uphill cycling: Effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(1), 116–127.
- González-Sánchez, J., Barranco-Gil, D., Fernández-Luna, Á., Felipe, J. L., García-Merino, S., & Barbado-Villalba, C. (2019). Impact of rider position and pedaling cadence on power output and bilateral asymmetry in indoor cycling. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(12), 2009–2014.
- Hansen, E., & Waldeland, H. (2008). Seated versus standing position for maximization of performance during intense uphill cycling. *Journal of Sports Sciences*, 26(9), 977–984.
- Li, L., & Caldwell, G. E. (1998). Muscle coordination in cycling: Effect of surface incline and posture. *Journal of Applied Physiology*, 85(3), 927–934.
- Millet, G. P., Tronche, C., Fuster, N., & Candau, R. (2002). Level ground and uphill cycling efficiency in seated and standing positions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(10), 1645–1652.
- Mohr, T. M., Allison, J. D., & Patterson, R. (1981). Electromyographic analysis of the lower extremity during pedaling. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 2(4), 163–170.
- Ryschon, T. W., & Stray-Gundersen, J. (1991). The effect of body position on the energy cost of cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(8), 949–953.

Swain, D. P., & Wilcox, J. P. (1992). Effect of cadence on the economy of uphill cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(10), 1123–1127.

Tanaka, H., Bassett Jr, D. R., Best, S. K., & Baker Jr, K. R. (1996). Seated versus standing cycling in competitive road cyclists: uphill climbing and maximal oxygen uptake. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21(2), 149-154.

Turpin, N. A., Costes, A., Moretto, P., & Watier, B. (2017). Can muscle coordination explain the advantage of using the standing position during intense cycling?. *Journal of science and medicine in sport*, 20(6), 611-616.