

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

**GIZONEZKO ENTRENATUEN ETA EZ ENTRENATUEN ARTEKO EZBERDINTASUNA**  
**ODOLEKO LAKTATOAREN KONTZENTRAZIOAN ZIKLOERGOMETROAN**  
**BURUTUTAKO ARIKETA MAXIMOAN**

EGILEA: Auritz Larrea Elorza

ZUZENDARIA: Iñaki Llodio Uribeetxebarria

Data, 2020ko maiatzaren 5a

## AURKIBIDEA

SARRERA: .....	1
HELBURUAK eta HIPOTESIAK: .....	7
METODOLOGIA: .....	8
Parte hartzaileak:.....	8
Ikerketaren diseinua:.....	9
Neurketa antropometrikoak:.....	10
Ohitzeko burututako intentsitate progresibodun testa:.....	10
Zikloergometroko intentsitate progresibodun test maximoa:.....	10
Atalase aerobikoaren eta oinarrizko odol kontzentrazioaren zehaztapena:.....	11
DMAXint zehaztapena:.....	12
Odoleko laktato kontzentrazioa:.....	13
Odoleko glukosa kontzentrazioa:.....	13
Analisi estatistikoa:.....	13
EMAITZAK: .....	14
EZTABAIDA: .....	20
ONDORIOAK eta APLIKAZIO PRAKTIKOAK: .....	25
BIBLIOGRAFIA:.....	26

#### LABURPENA:

Potentzia aerobiko maximoa ( $W_{max}$ ) eta laktato atalaseak erresistentziako errendimendua determinatzen duten parametroak dira eta test progresibo maximoen bitartez neurtzen dira. Honetaz gain entrenamenduaren planifikazioa egiteko eta intentsitate zonak eta bolumen kargak zehazteko oso erabilgarriak dira. Intentsitate progresiboduneko test maximoetan sistema kardiobaskularrak eta gihar zeluletako substratuen kontzentrazioak aldaketak jasaten dituzte. Bestalde, test hauen erantzun fisiologikoan potentzialki hainbat faktorek eragin dezakete, kirolariaren erresistentzia mailak esaterako. Ikerketa honen helburu nagusia odoleko laktato kontzentrazio maximoan ( $LA_{max}$ ), atalase anaerobikoari dagokion odoleko laktato kontzentrazioan ( $DMAX$ ) eta atalase aerobikoari dagokion odoleko laktato kontzentrazioan ( $LTD$ ) erresistentzian entrenatuta eta ez entrenatuta dauden gizonezkoen artean ezberdintasunik dagoen aztertzea da. Horretarako 17 txirrindulari edo triatleta entrenatuk (altuera  $177.7 \pm 8.3$  cm; gorputz masa  $74.9 \pm 10.1$  kg; gorputzeko gantza  $\%8.6 \pm 2.9$ ) eta txirrinduan entrenatu gabeko 17 pertsona aktibok (altuera  $176.4 \pm 4.8$  cm; gorputz masa  $74.7 \pm 6.4$  kg; gorputzeko gantza  $\%9.6 \pm 2.0$ ) intentsitate progresiboduneko test maximo bat burutu zuten. Txirrinduan entrenatutako taldeak txirrinduan ez entrenatutako taldeak baino balio handiagoak izan zituen  $W_{max}$ -en ehunekotan adierazitako  $W_{LTD}$ -an. Laktato eta bihotz maiztasun balioetan ( $LTD$ ,  $DMAX$ ,  $BM_{max}$ ,  $BM_{LTD}$  eta  $BM_{DMAX}$ ) berriz, talde ez entrenatuak talde entrenatuak baino balio handiagoak izan zituen. Txirrindularitzan entrenatutako taldean  $LTD$  eta pedalkaden kadentziak, eta  $W_{LTD}$  eta  $WLTD_{W_{max}\%}$ -ek erlazio zuzena izan zuten. Txirrindularitzan ez entrenatutako taldean berriz gorputzeko masak,  $W_{LTD}$ -k eta  $W_{max}$ -ek test progresiboko pedalkaden kadentziarekin alderantzizko erlazioa izan zuten. Atalase aerobikoari eta anaerobikoari dagozkien odoleko laktato kontzentrazioak eta bihotz maiztasunak pertsonen zikloergometroko errendimenduan duten papera sakonago aztertu beharko litzateke etorkizuneko ikerketetan.

**HITZ GAKOAK:** erresistentzia, potentzia aerobiko maximoa ( $W_{max}$ ), atalase anaerobikoa, atalase aerobikoa, intentsitate progresibodun testa

RESUMEN:

La potencia aerobica máxima ( $W_{max}$ ) y los umbrales de lactato son parámetros que determinan el rendimiento de la resistencia y se miden mediante test incrementales. Además son variables muy utilizadas en la planificación del proceso de entrenamiento para establecer las zonas de intensidad y volumen de la carga. Los test incrementales producen cambios en el sistema cardiovascular y en la concentración de los sustratos de las células del tejido muscular. Potencialmente diferentes factores pueden afectar en las respuestas fisiológicas de estos tests, por ejemplo, el nivel de los deportistas. El objetivo principal de este estudio fue analizar si había diferencias significativas en la máxima concentración de lactato en sangre ( $LA_{max}$ ), y en la concentración de lactato en sangre del umbral aerobico (LTD) y anaeróbico ( $DMAX$ ) entre hombres entrenados y no entrenados en resistencia. 17 ciclistas o triatletas entrenados (altura  $177.7 \pm 8.3$  cm; masa corporal  $74.9 \pm 10.1$  kg; grasa corporal  $8.6 \pm 2.9\%$ ) y 17 personas físicamente activas, pero no entrenadas en ciclismo (altura  $176.4 \pm 4.8$  cm; masa corporal  $74.7 \pm 6.4$  kg; grasa corporal  $9.6 \pm 2.0\%$ ) de entre 18 y 45 años realizaron un test máximo. El grupo entrenado en ciclismo consiguió valores más altos el  $W_{LTD}$  expresado en porcentaje de  $W_{max}$  que el grupo no entrenado. En los valores de lactato y frecuencia cardíaca (LTD,  $DMAX$ ,  $BM_{max}$ ,  $BM_{LTD}$  eta  $BM_{DMAX}$ ) sin embargo, el grupo no entrenado mostró valores más altos que el grupo entrenado. En el grupo entrenado se encontraron correlaciones positivas entre LTD y la cadencia del pedaleo, y entre  $W_{LTD}$  y  $WLTD_{W_{max}\%}$ . En el grupo no entrenado se encontró una correlación negativa en la masa corporal,  $W_{LTD}$  y  $W_{max}$  respecto a la cadencia del pedaleo. Sería interesante estudiar con más profundidad el papel que tienen la concentración del lactato sanguíneo y la frecuencia cardíaca correspondientes a los umbrales aeróbicos y anaeróbicos en el rendimiento que las personas tienen en las pruebas de cicloergómetro.

PALABRAS CLAVE: resistencia, potencia aerobica máxima ( $W_{max}$ ), umbral anaerobico, umbral aeróbico, test incremental

**ABSTRACT:**

The maximal aerobic power ( $W_{max}$ ), the aerobic threshold and the anaerobic threshold, variables that require incremental exercise tests to be measured, are good predictors of endurance performance. These variables are also very useful for defining training intensity zones. The incremental tests produce acute adaptations in the cardiovascular system and in the muscle tissues cells. Among other variables, the endurance level of subjects could influence their physiological responds during incremental exercise tests. The aim of this study was to compare the maximal blood lactate concentration ( $L_{Amax}$ ) and the blood lactate concentration of the aerobic ( $LTD$ ) and anaerobic ( $D_{MAX}$ ) thresholds between trained and untrained men. 17 cyclists and triathletes (height  $177.7 \pm 8.3$  cm; body mass  $74.9 \pm 10.1$  kg; percentage of body fat  $8.6 \pm 2.9\%$ ) and 17 physically active men but untrained in endurance cycling (height  $176.4 \pm 4.8$  cm; body mass  $74.7 \pm 6.4$  kg; percentage of body fat  $9.6 \pm 2.0\%$ ) realized a maximal incremental test in a cycle ergometer. The trained group showed higher values than the untrained group in  $W_{LTD}$  expressed in percentage of  $W_{max}$ . The untrained group showed higher values than the trained group in the lactate and heart rate values corresponding to  $LTD$  and  $D_{MAX}$ , and in the maximal heart rate. Significant relationships were found between  $LTD$  and the pedal cadence, and between  $W_{LTD}$  and  $W_{LTD}W_{max}\%$ , in the trained group. Body mass, the intensity corresponding to  $LTD$  and  $W_{max}$  correlated significantly with the pedal cadence in the untrained group. It would be interesting to study deeper the role of the blood lactate concentration and heart rate corresponding to the aerobic and anaerobic thresholds, in the people's cycle ergometer performance.

**KEYWORDS:** endurance, maximal aerobic power ( $W_{max}$ ), aerobic threshold, anaerobic threshold, incremental test

LABURDURAK:

BM = Bihotz maiztasuna

$BM_{DMAX}$  = Atalase anaerobikoari dagokion bihotz maiztasuna

$BM_{LTD}$  = Atalase aerobikoari dagokion bihotz maiztasuna

BMmax = Bihotz maiztasun maximoa

DMAX = Distantzia maximoaren metodoaren bidez kalkulaturako atalase anaerobikoa odoleko laktato kontzentrazio bezala adierazita

DMAXint = Distantzia maximoaren metodoaren bidez kalkulaturako atalase anaerobikoa ariketaren intentsitate bezala adierazita

LAmx = Laktato kontzentrazio maximoa

LTD = Atalase aerobikoa odoleko laktato kontzentrazio bezala adierazita

$W_{LTD}$  = Atalase aerobikoari dagokion intentsitatea

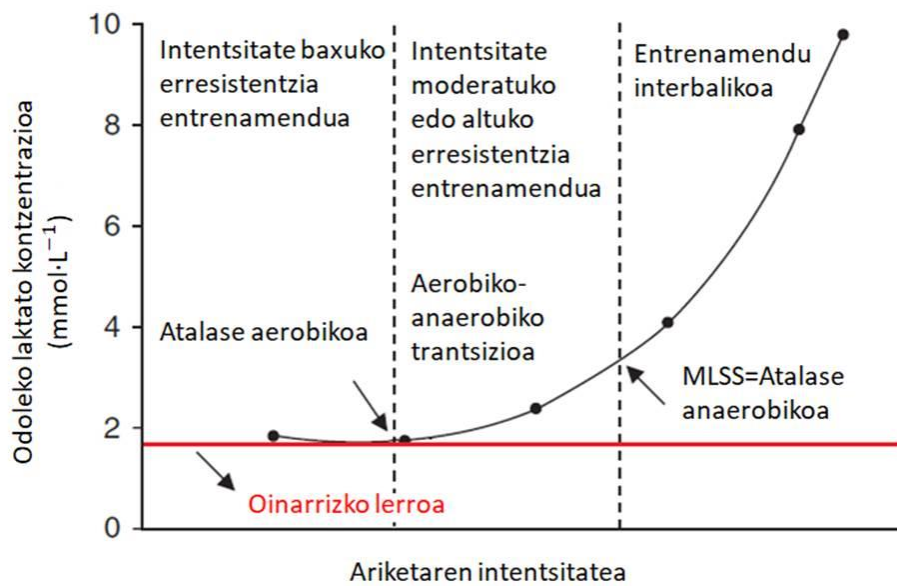
$WLTD_{Wmax\%}$  = Potentzia maximoaren ehunekotan adierazitako atalase aerobikoa

Wmax = Potentzia aerobiko maximoa

## SARRERA:

Kirol bakoitzaren errendimendua determinatzen duten faktoreak ezberdinak dira. Kirol batzuetan gaitasun fisiko jakin batzuk izatea ezinbestekoa da eta beste batzuetan berriz keinu zehatz baten exekuzio teknikoak edo taktikak garrantzi handiagoa daukate. Esaterako, distantzia luzeko lasterketetako errendimendua kirolariaren erresistentzia ahalmenagatik baldintzatua dago neurri handi batean. Azkenengo urteetan kirol ezberdinen errendimendua determinatzen duten aldagaiak aztertu nahian oinarri zientifikoaren erabilpenak hazkunde handia izan du (Ghosh, 2004). Kirol entrenamenduaren arloan zientziak giza fisiologian izandako aplikazioa nabarmentzekoa da. Etengabe entrenamendu sistemen efektu eta hobekuntzak bilatu dira eta gaur egun errendimendua bilatzen duten kirolari askok denboraldiko momentu ezberdinetan laborategi eta zelaiko probak egiten dituzte. Tradizionalki, erresistentziako errendimendua aurreikusteko balio duten parametro desberdin asko laborategian egindako intentsitate progresibodun testen bitartez kalkulatu izan dira, atalase aerobikoa, atalase anaerobikoa eta potentzia aerobiko maximoa ( $W_{max}$ ) besteak beste (Bertuzzi et al., 2013).

Kapilarretatik odol laktato kontzentrazioa neurtzeko sistema 1930. hamarkadan garatu bazen ere (Bang, 1936), ez zen 1960. hamarkadararte, odoleko laktato mailaren neurketa erresistentziako errendimendua baloratzeko metodo erabilgarrietako bat bilakatu. Orduetik gaur egunerarte, laktato atalaseen inguruko ikerketa kopuruak hazkunde handia izan du eta autore askoren bitartez laktato atalaseen azalpen eta definizio asko sortu dira (Faude et al., 2009; Llodio et al., 2016). Atalase aerobikoa intentsitate progresibodun ariketan odoleko laktato kontzentrazioa atsedeneko balioetatik handitzen hasten den puntuko intentsitatea da (Ikusi 1. irudia; Bourdon, 2000 eta 2003; Faude et al., 2009). Atalase anaerobikoa berriz odoleko laktato kontzentrazioa nabarmen areagotzen den puntuko intentsitatea bezala ezagutzen da (Dotan, 2012; Ghosh, 2004; Thomas et al., 2008). Autore batzuek atalase aerobikoa  $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ -tan eta atalase anaerobikoa  $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ -tan ezarri dute, baina hau ez da guztiz zuzena pertsona bakoitzean atalaseen intentsitatea odoleko laktato kontzentrazio ezberdinei dagokielako (Stegmann et al., 1981). Hau da, posible da kirolari batean atalase anaerobikoaren intentsitatea  $3.5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ -ko odol kontzentrazioan egotea eta beste kirolari batean  $4.5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ -koan.



**1.irudia.** Intentsitate progresibodun test batean odoleko laktato kontzentrazioak duen eboluzioa. (Faude et al.-etik moldatua, 2009).

Kirolari bakoitzaren atalaseak kalkulatzeko aplikazio praktiko asko ditu gaur egungo kirol entrenamenduan. Autore askoren ustez atalase aerobiko eta anaerobikoa erresistentziako errendimendua (Beneke et al., 2011; Bertuzzi et al., 2013; Garcia-Tabar et al., 2013; Ghosh, 2004; Lorenzo et al., 2011; Bourdon, 2000) eta ahalmen aerobikoa (Dotan, 2012; Faude et al., 2009) iragartzeko eta hauen adierazle bezala erabiltzeko parametro fisiologiko baliagarriak dira. Atalase anaerobikoak esaterako maratoian lortutako emaitzekin korrelazio oso altua dauka (Ghosh, 2004). Lehenago aipatu bezala, kirol batzuetan ahalmen aerobiko ona izatea errendimenduaren faktore mugatzailea da; beste askotan berriz, intentsitate altuko ekintza batzuk, jauziak edota abiadura handiko desplazamenduak adibidez, modu errepikatuan egin ahal izateko beharrezkoa da ahalmen aerobikoaren oinarri bat izatea. Distantzia luzeko erresistentzia proba batean esaterako, ahalmen aerobiko onena duen kirolariak irabazteko aukera handiagoa izango du eta futboleko berriz, intentsitate altuko ekintzetatik azkar erreperatzeko, beharrezkoa da oinarri aerobiko on bat izatea. Batez ere kirol mota hauetan da garrantzitsua atalase aerobiko eta anaerobikoa neurtzea.

Entrenamenduaren planifikazioan ere praktikotasun handia duten kontzeptuak dira aipatutako atalaseak. Erresistentzia proba batera bideratutako kirolari baten entrenamenduaren intentsitate zonak eta bolumen kargak zehazteko oso erabilgarriak dira (Garcia-Tabar et al., 2013; Messonnier et al., 2013). Gaur egun jada badakigu atalase anaerobikoa baino intentsitate altuagoan sarri entrenatuz gero gaintrenamendura iristeko

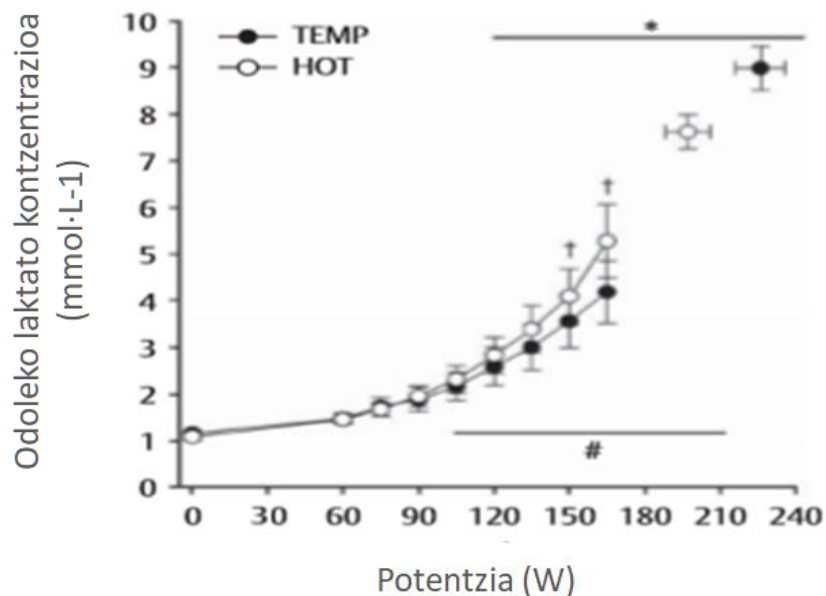


arisku handia dagoela (Urhausen et al., 1993; Smekal et al., 2002). Honekin lotuta, entrenamenduaren gaineko kargaren kontrola eramateko eta egoera fisikoan izandako aldaketak aztertzeko ere balio duten parametroak dira (Arratibel-Imaz et al., 2015; Gavin et al., 2013; Faude et al., 2009). Modu honetan posible da egindako entrenamendu programen efizientzia eta baliagarritasuna ikustea eta entrenamendu metodologia eta sistema ezberdinak konparatzea. Erresistentziako modalitateko atletek 4 entrenamendu estrategia erabiltzen dituzte nagusiki: bolumen handiko eta intentsitate baxuko lana, bolumen baxuko eta intentsitate altuko lana, laktato atalasearen intentsitateko lana eta guzti hauen konbinaketa (Stöggl & Sperlich, 2014). Goi mailako atletei dagokienez, estrategia guztien konbinaketak lortu ditu hobekuntza handienak erresistentziako errendimenduaren aldagaietan (oxigeno kontsumo gaina, ahitzerainoko denbora, korrika lortutako abiadura maximoa eta  $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ -ko odoleko laktato kontzentrazioari dagokion potentzia; Stöggl & Sperlich, 2014). Hau azertu ahal izateko beharrezkoa da atalase aerobikoari eta anaerobikoari dagokien intentsitateak kalkulatzeko. Hau guztiaz gain, erresistentzia modalitateko txapelketetan atleten etorkizuneko markak iragartzeko eta horrela lasterketa erritmoak jakiteko ere balio dute aipatutako atalaseek (Bertuzzi et al., 2013; Bourdon, 2000; Faude et al., 2009).

Aurrez adierazi bezala, kirolari baten atalase aerobiko eta anaerobikoa ezagutzeko intentsitatea progresiboki handitzen den testak erabiltzen dira normalean. Test hauetan aldagai fisiologikoen baloreek aldaketak izaten dituzte. Sistema kardiobaskularrarekin lotutako aldagaien barruan bihotz maiztasuna (BM) atsedenean edo intentsitate baxuko esfortzuan nerbio sistema parasinpatikoak kontrolatzen du. Intentsitate altuagoko esfortzuan berriz nerbio sistema sinpatikoa aktibatu egiten da eta ondorioz, BM handitu eta BM-ren aldakuntzak jaitsiera esponentziala izaten du (Garcia-Tabar et al., 2013). Jardueraren intentsitateak gihar zeluletako substratuen kontzentrazioetan ere eragiten du. Esaterako, odoleko laktato kontzentrazioa intentsitate baxuko jardueretan balio konstanteetan mantentzen da baina intentsitatea handitzen denean laktato balioak handitu egiten dira (Arratibel-Imaz et al., 2015; Babij et al., 1983; Buono et al., 1984; Dudley et al., 1983; Gavin et al., 2013; Wilkerson et al., 1977). Zehazki, intentsitatea progresiboki handitzen den jardueretan laktato kontzentrazioa eta kargaren intentsitatearen arteko erlazioa 3 fasetan banatzen da (ikus 1. irudia). Lehenengo fasean, hau da, intentsitatea oso baxua denean odoleko laktato kontzentrazioa balore egonkor eta baxuetan mantentzen da. Intentsitatea atalase aerobikoa baino gehiago handituz gero, laktato balioak hazkunde nabarmen eta lineal bat izaten du eta hau bigarren fasea bezala ezagutzen da. Hirugarren fasean (atalase

anaerobikoa baino intentsitate altuagoan) berriz, odoleko laktato kontzentrazioak igoera nabarmen eta ez lineala izaten du (De Barros et al., 2011).

Intentsitatea progresiboki handitzen den testen emaitzetan hainbat faktorek eragiten dute, adibidez inguruneko baldintzak. Ariketa fisikoa egiterakoan inguruneko baldintzen arabera giza fisiologian aldaketa ezberdinak gertatzen dira (Faude et al., 2009; Tyka et al., 2009). Inguruneko airearen tenperaturak esaterako, erresistentziaren errendimenduan eta laktato balioen dinamikan eragin handia dauka (Lorenzo et al., 2011). Hau da, iraupen luzeko froga batean ingurunean 15 gradu zentigraduko tenperaturarekin eta 35 gradu zentigraduko tenperaturarekin lortuko diren emaitzak ezberdinak izango dira. Inguruneko tenperatura beroa denean, adibidez, 31 eta 40 gradu zentigradu artean, gihar zeluletako substratuen kontzentrazioan aldaketak gertatzen dira. Odoleko laktato kontzentrazioaren balioak adibidez, ingurune beroan tenperatura arrunteko ingurunean (22-23 gradu zentigraduko tenperatura esaterako) baino gehiago igotzen dira (Ikusi 2. irudia; De Barros et al., 2011; Marino et al., 2001). Honen arrazoia beroaren eraginez gertatutako nerbio sistema sinpatikoaren aktibazio handiagoa izan daiteke, beste arrazoi batzuen artean (De Barros et al., 2011). Bestalde, inguruneko airearen tenperatura beroa denean, indize metabolikoa igo egiten da eta honen ondorioz kirolaria lehenago iritsiko da odoleko laktato kontzentrazioa nabarmen areagotzen den puntuko intentsitatera, hau da, atalase anaerobikora. Honek guztiak intentsitate progresibodun testean lortuko den intentsitate maximoko kargan eragin negatiboa izango du (Tyka et al., 2009). Gainera denbora askoan ingurune beroan ariketa fisikoa egiterakoan hipertermia arriskua areagotzen da eta honek nekea eta deshidratazioa handitzen ditu, errendimendua jaitsiz (Tyka et al., 2009).

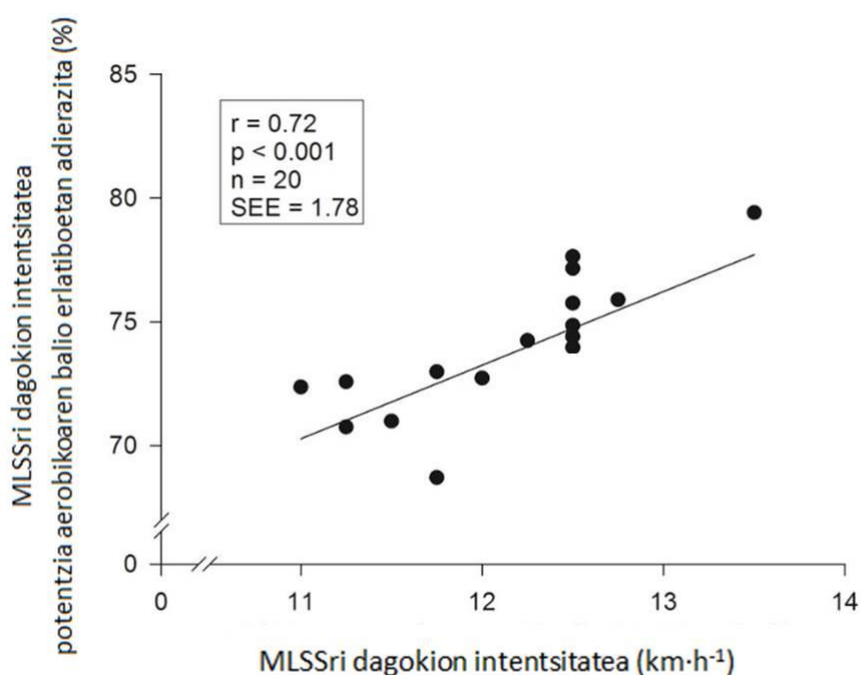


**2.irudia.** Odoleko laktato kontzentrazioa ariketa progresiboan zehar ingurugiro beroan (HOT) eta temperatura arrunteko ingurugiroan (TEMP). \* ( $P \leq 0.05$  potentzia berdineko inguruneen artean) # ( $P \leq 0.05$  ingurune beroan atsedeneko balioekin konparatuz) † ( $P \leq 0.05$  ingurune arruntean atsedeneko balioekin konparatuz; De Barros et al.-etik moldatua, 2011).

Intentsitate progresiboduneko testaren protokoloak ere neurtutako aldagai ezberdinetan aldaketak eragiten ditu (Bentley et al., 2007). Probaren protokoloa hasierako kargaren potentziak, periodoaren iraupenak eta periodo bakoitzean ezarritako potentziak baldintzatzen dute besteak beste (Bentley et al., 2007). Txirrindulari entrenatuetan oxigenoaren kontsumo maximoa neurtzerakoan adibidez, 3 minutu baino luzeagoko periodoak erabilitako protokoloetan emaitza baxuagoak lortzen direla ikusi da periodo motzagoak erabiltzen direnean baino (Bentley et al., 2007). Pertsona entrenatuetan odoleko laktato kontzentrazioen eta laktato atalaseen neurketen zehaztasuna handitzeko beharrezkoa da 3-6 minutu arteko periodoak erabiltzea. Ondorioz autore batzuen ustez 3 minutuko periodoen protokoloa da baliagarriena parametro fisiologiko maximo eta submaximoak zehaztasunez neurtzeko aukera ematen duelako (Bentley et al., 2007).

Atalase aerobiko eta anaerobikoaren inguruan ikerketa ugari egin diren arren, oraindik ere badaude zenbait alderdi guztiz argitu edo aztertu gabe daudenak. Ikerketa batzuen arabera ahalmen aerobiko altuagoa duten korrikalari (Garcia-Tabar & Gorostiaga, 2018; Llodio et al., 2016) eta futbol jokalariek (Llodio et al., 2015; ikusi 3. irudia) atalase anaerobikoaren intentsitatea abiadura aerobiko maximoaren ehuneko handiagoan izateko tendentzia dute ahalmen aerobiko baxuagoa dutenek baino (kasu hauetan abiadura aerobiko maximoa test

progresibo maximo baten azkenengo bi minutuetan izandako batezbesteko abiadura bezala definituko litzateke). Honen ondorioz posible da ahalmen aerobiko altua eta baxua duten bi kirolariren erantzun fisiologikoa ezberdina izatea, potentzia  $W_{max}$ -aren portzentai zehatz batera aritzen direnean. Nire jakintzaren arabera, oraindik ez da aztertu ea bizikletan entrenatuta eta ez entrenatuta dauden pertsonen artean potentzia aerobikoaren ehunekotan adierazitako atalaseen intentsitatean ezberdintasun esanguratsuak dauden. Bestalde, ez da aztertu pertsona entrenatuek pertsona ez entrenatuek baino intentsitate maximoaren ehuneko handiagoan duten atalase aerobikoa. Aspektu hauek garrantzitsuak izan daitezke kontzeptu hauek dituzten esanahi fisiologikoa ondo ezagutu eta ulertzeko.



**3.irudia.** MLSS eta potentzia aerobikoaren ehunekotan adierazitako MLSS-aren arteko erlazioa. MLSS: Laktato egoera egonkor gorenara (Llodio et al., 2015).

Kirolariek errendimenduaren ikuspuntutik atalaseei dagokien odoleko laktato kontzentrazioan balio altuak izatea komenigarria den edo ez ere argitu gabe dagoen beste alderdi bat da. Kirol entrenamendu eta medikuntza arloetan laktatoaren inguruan ikerkuntza eta eztabaida asko egon dira. Historian zehar laktatoa definitzeko eta ariketa fisikoan duen rola azaltzeko modu asko egon dira. Laktatoa lehen aldiz 1780. urtean aurkitu zen eta ordutik urte askoan zehar metabolismo anaerobikoaren zabor produktu bezala definitu izan denez, entrenamenduaren etsaitzat hartu da (Ferguson et al., 2018; Hall et al., 2016). Ariketa fisikoan agertzen den azidosi metabolikoaren arduradun nagusitzat hartu da. Azidosi metabolikoaren arrazoiak oraindik guztiz argi ez dauden arren, gaur egun laktatoa ez da zuzeneko eragileztaz hartzen (Ferguson et al., 2018; Hall et al., 2016). Bestalde, urte askotan zehar azidosi

metabolikoa giharraren gaitasuna jaistearren eta nekea handitzearen erantzule bezala kontsideratu den arren, gaur egun autore batzuek hau horrela ez dela uste dute (Hall et al., 2016). Beraz aurrez aipatu dugun bezala, urte askotan zehar etsaitzat hartu izan den arren, gaur egun kirol zientzialari batzuek laktatoari buruz duten iritzia aldatu egin da. Gaur egun ikusi da laktatoa giza gorputzen zeluletan erregai bezala erabili daitekeela. Gure gorputz ehunek, laktatoa karbono iturri bezala erabiltzen dute beste erreazio batzuetarako, glukoneogenesisia, esaterako (Ferguson et al., 2018; Hall et al., 2016). Honegatik, baliteke erresistentziako kirolari batentzat komenigarria izatea atalaseei dagokien odoleko laktato kontzentrazioan balio altuak edukitzea. Hala ere, esandakoaren kontra, beste ikerlari batzuek uste dute banakako atalase anaerobikoan pertsona entrenatuek pertsona ez entrenatuek baino laktato balio baxuagoak dituztela (Bloom et al., 1976). Hau guztia kontuan izanda, garrantzitsua izango litzateke aztertzea ea kirolari entrenatuek banakako atalaseari dagokion laktato kontzentrazio ezberdina duten, ez entrenatuekin konparatuz.

### **HELBURUAK eta HIPOTESIAK:**

Ikerketa honen helburua zikloergometroan egindako intentsitate progresibodun test maximoan gizonezko entrenatu eta gizonezko ez entrenatuen artean odoleko laktato kontzentrazioan ezberdintasunik dagoen edo ez aztertzea da. Zehazki, odoleko laktato kontzentrazio maximoan (LA max), atalase anaerobikoari dagokion odoleko laktato kontzentrazioan (DMAX) eta atalase aerobikoari dagokion odoleko laktato kontzentrazioan (LTD) bi taldeen artean ezberdintasunik dagoen eta aldagai hauen artean korrelaziorik dagoen ikertzea da helburua. Bestalde, Wmax-ak, atalase aerobikoko intentsitateak ( $W_{LTD}$ ) eta atalase anaerobikoko intentsitateak (DMAXint) aurrez aipatutako aldagaiekin koerlazioa duten aztertu da.

**METODOLOGIA:****Parte hartzaileak:**

Parte-hartzaileak 2 talde nagusitan banatu ziren. Alde batetik maila amateurreko 17 triatleta edo txirrindulari entrenatu eta beste aldetik fisikoki aktiboak ziren baina txirrindularitzan entrenatuta ez zeuden 17 pertsona izan ziren aukeratuak (Ikusi 1.taula). Parte hartzaile guztiak 18 eta 45 urte tarteko gizonezko osasuntsuak ziren eta ez zuten inolako lesio fisikorik. Triatleta edo txirrindulariek gutxienez astean bizikleta gaineko 2 entrenamendu saio egiten zituzten. Honetaz gain urtean zehar erregularitasunez distantzia luzeko lehiaketa ezberdinetan parte hartzen zuten. Fisikoki aktiboak ziren partaideak berriz azken 3 urtetan erresistentziako entrenamendu edo lehiaketetan parte hartu gabe zeuden. Parte-hartzaile guztiak prozedura esperimentalen arrisku eta onura guztiez informatuak izan ziren eta idatziz ikerketa honetan parte hartzeko onspena eman zuten. Parte-hartzaileek, beraien osasuna bermatzeko, ikerketan parte hartu aurretik osasuna aztertzeko galdeketa bat bete zuten. Parte-hartzaileek ezin izan zuten ikerketa honetako emaitzetan eragina izan zezaketen substantzia eta medikamenturik hartu eta testak burutu aurreko 48 orduetan ez zuten intentsitate handiko entrenamendu edo lehiaketan parte hartu. Ikerketan zehar eramandako dietan karbohidratoen kontsumo altua gomendatu zen. Ikerketa hau gizakiekin erlazionatutako ikerketetako Etika Batzordeak onartua izan zen.

**1.taula:** Erresistentzian entrenatu eta erresistentzian ez entrenatuen ezaugarri fisikoak.

	<b>Adina (urteak)</b>	<b>Altuera (cm)</b>	<b>Gorputz masa (kg)</b>	<b>Gorputzeko gantza (%)</b>	<b>Gantzik gabeko masa (kg)</b>
Erresistentzian ez entrenatuak (n=17)	26.4 ± 8.5*	176.4 ± 4.8	74.7 ± 6.4	9.6 ± 2.0*	67.5 ± 5.4
Erresistentzian entrenatuak (n=17)	33.2 ± 6.9	177.7 ± 8.3	74.9 ± 10.1	8.6 ± 2.9	68.3 ± 7.3

\*Ezberdintasun esanguratsuak (P< 0.05) erresistentzian entrenatutako parte hartzaileekin konparatuta. Emaitzak batezbestekoak eta desbideratze estandarrak dira (DE).

**Ikerketaren diseinua:**

Ikerketan, ahalmen aerobikoarekin erlazionatuta dauden aldagai ezberdinak aztertu ziren erresistentzian entrenatuak ziren kirolarien (triatletak eta txirrindulariak) eta erresistentzian entrenatuak ez ziren pertsona aktiboen konparaketa bat egiteko. Aurrez aipatu bezala 2 parte-hartzaile talde osatu ziren: txirrinduan entrenatuak ziren triatleta eta txirrindulariak, eta fisikoki aktiboak baina txirrinduan entrenatu gabe zeuden pertsonak. Bi taldeetako parte-hartzaileek testetan lortutako emaitzak konparatu ziren ahalmen aerobikoari dagokionez zeuden ezberdintasunak aztertzeko.

Testak 2 saiotan burutu ziren. Lehenengo saioan subjektuen ezaugarri antropometrikoak neurtu eta zikloergometroarekin familiarizatzeko intentsitate progresibodun test submaximo bat burutu zen. Saio honetan parte hartzaile bakoitzari hobekien zetorkion zikloergometroko eskulekuaren posizioa eta zelaren altuera zehaztu ziren, hauek efizientzia biomekanikoan eragina dutenez, laktato-potentzia kurban eragina izan bait zezaketen. Hau guztiaz gain parte-hartzaile bakoitzak bigarren testean erabiltzeko bere kadentzia determinatu zuen (minutuko 75 eta 90 pedalkada artean). Bigarren saioan, parte-hartzaileek aurreko saioan zehaztutako neurriekin zikloergometroko intentsitate progresibodun test maximo bat burutu zuten. Parte hartzaile guztiak test guztiak orden berdinean egin zituzten. Saio guztiak EHUko Hezkuntza eta Kirol Fakultateko "Jarduera Fisikoa eta Osasuna" ikerkuntzako zentroan burutu ziren, non, diskoa elektronikoki balaztatzen zuen zikloergometroa erabili zen intentsitate progresibodun testak egiteko (Ergelek, Gasteiz, Euskal Autonomia Erkidegoa). Airearen tenperatura saio guztietan 17C<sup>o</sup> eta 22C<sup>o</sup> artean egon zen.

Parte hartzaileei ondorengo baldintzak betetzeko eskaera egin zitzaion: a) testaren aurreko 48 orduetan intentsitate altuko jarduerarik ez egitea, b) test aurreko 12 orduetan alkoholik ez edatea, c) testa egin aurreko 2 orduetan janaldi handirik ez egitea, d) testa egin aurreko 3 orduetan kafeina edo antzerako substantzia estimulanteen kontsumoa ekiditzea, e) test aurreko 12 orduetan ez erretzea. Hau guztiaz gain, test aurreko 24-36 orduetan hidratazio eta elikadura egoki bat eramateko eskatu zitzaion. Azkenik, parte-hartzaile bakoitzak test guztiak kirola egiteko janzkera antzerakoarekin egin zituen.

**Neurketa antropometrikoak:**

Altuera eta gorputz masaren neurketak altuera neurgailua eta baskula (Seca, Hanburgo, Alemania) erabilia egin ziren, 0.001 m eta 0.01 kg-ko zehaztasunarekin, hurrenez hurren. Parte-hartzaileen gantz kopurua neurtzeko gorputzeko 6 lekutan hartu ziren pleguak: trizeps brakialean, subeskapularrean, suprailiakoan, abdominaletan, kuadrizepsean eta gastroknemioetan. Gorputz masaren ehunekoa kalkulatzeko  $2.585 + 0.1051 \cdot 6$  pleguen batura formula erabili zen (Carter, 1982). Pleguak egiteko 0.2 mm-ko zehaztasuna eta errepikakortasuna duen plikometroa erabili zen (Harpenden, Sussex, UK). Neurketa guztiak "Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría"ren argibideak jarraituta egin ziren.

**Ohitzeko burututako intentsitate progresibodun testa:**

Parte hartzaileek zikloergometroan ohitze saio bat egin zuten. Hasierako potentzia 30 W-koa izan zen eta 3 minuturo 30 W handitu zen. Subjektuek minutuko 75 eta 90  $\text{ped} \cdot \text{min}^{-1}$  arteko kadentzia mantendu zuten. BM segunduro erregistratu zen (Polar, Kempele, Finlandia) maiztasun monitorea erabiliz. Ohitzeko buruturiko intentsitate progresibodun testa subjektua bere bihotz maiztasun maximo teorikoaren ( $\text{BM}_{\text{max}} = 220$ -adina) %80 ingurura iritsitakoan amaitu zen.

**Zikloergometroko intentsitate progresibodun test maximoa:**

Ahalmen aerobikoarekin lotuta dauden aldagaien baloreak neurtzeko intentsitate progresibodun test maximo bat burutu zen. Hasierako potentzia 30 W-koa izan zen eta 3 minuturo 30 W-ko igoera bat eman zen. Parte-hartzaileek aurrez aipatu bezala ohitze saioan zehaztutako kadentzia mantendu zuten,  $84.8 \pm 4.1 \text{ ped} \cdot \text{min}^{-1}$ . Subjektu guztiak ahozko komunikazio bidez izan ziren animatuak, beraien ahalmenen mugara iristeko. Parte hartzaileak aurrez zehaztutako pedalkaden kadentzia mantentzeko gai ez zirenean testa amaitutzat ematen zen.  $W_{\text{max}}$  ondorengo formularen bitartez kalkulatu zen:

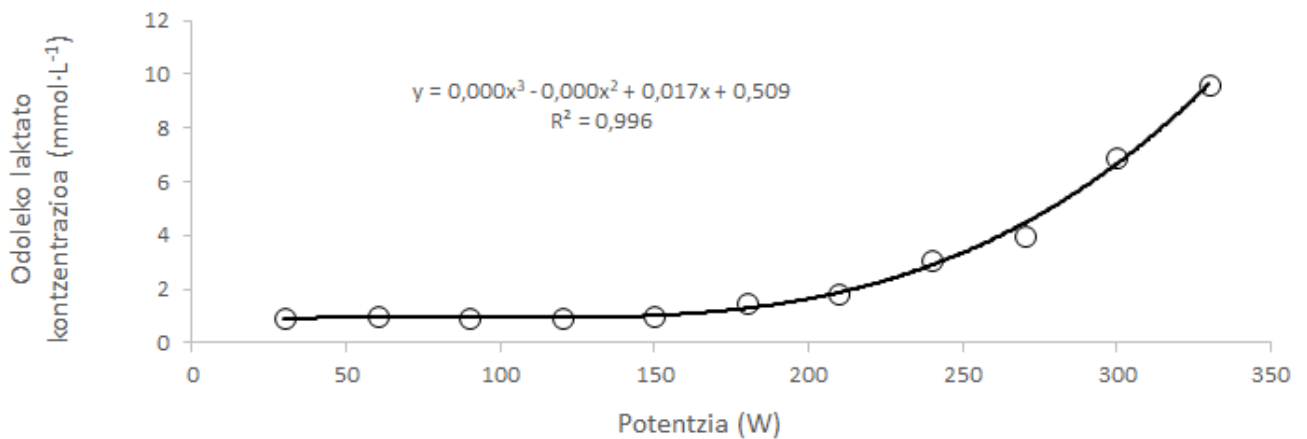
$$W_{\text{max}} = \text{Osatutako azken periodoko potentzia (W)} + [t \text{ (s)} / 180 * \text{periodoaren igoera (W)}]$$

t: Osatu gabeko periodoaren iraupena segundutan

Periodoaren igoera: 30W



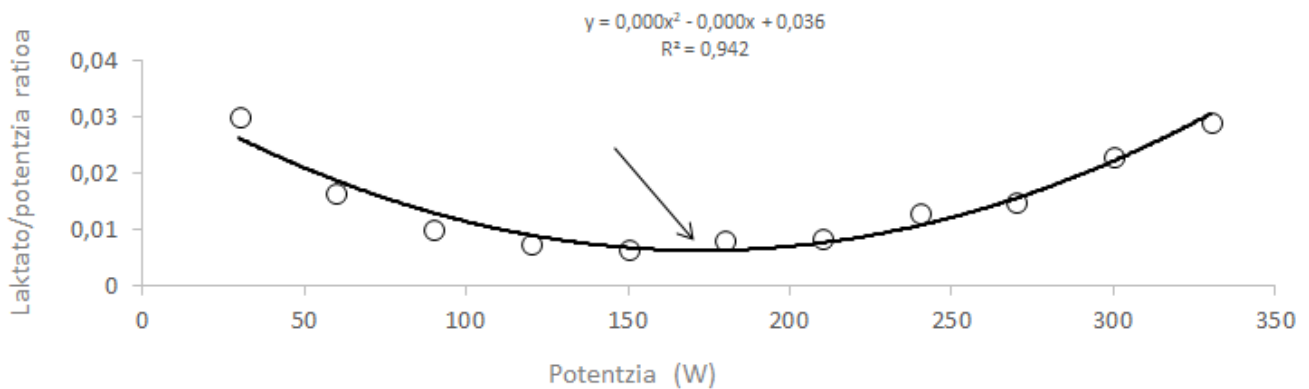
BM segunduroko maiztasunarekin erregistratu zen monitore bat erabiliz (Polar, Kempele, Finlandia) eta BMmax erregistratutako bost balore altuenen batezbestekoa eginda kalkulatu zen. Testa burutu aurretik eta testa amaitutakoan belarriko gingiletik odol lagina atera zen odoleko glukosa eta laktato kontzentrazioa neurtzeko. Honetaz gain periodo bakoitzaren azken 30 segundutan ere belarriko gingiletik odol lagina atera zen odoleko laktato kontzentrazioa neurtzeko. Odoleko laktato kontzentrazioak eta pedalkaden potentziaren arteko erlazioa grafika baten bidez adierazi zen eta hirugarren mailako erregresio polinomiko baten kurba kalkulatu zen (Ikusi 4. irudia). Intentsitate progresibodun testaren bitartez odoleko laktato kontzentrazio maximoa (LAm<sub>ax</sub>), hasierako odoleko laktato kontzentrazioa, DMAX, DMAX<sub>int</sub>, W<sub>max</sub>, W<sub>LTD</sub> eta test hasierako eta amaierako gluzemia maila kalkulatu ziren.



**4. irudia:** Parte-hartzaile tipiko baten potentzia eta odoleko laktato kontzentrazioaren hirugarren mailako erregresio polinomiko baten laktato kurba.

#### Atalase aerobikoaren eta oinarrizko odol kontzentrazioaren zehaztapena

Atalase aerobikoa (lehenengoko atalasea edo atalase laktikoari dagokiona) Dickhut et al.-en (1999) prozedura erabiliz zehaztu zen. Intentsitate progresibodun testeko laktato balioak periodo bakoitzari dagokion ariketaren potentziagatik zatitu ziren. Adibidez, aurreneko periodoa 30 W-ko intentsitatean burutu zuten parte hartzaileek. Parte hartzaile batek aurreneko periodoaren ondoren 1.1 mmol·L<sup>-1</sup>-ko odol kontzentrazioa izango balu 1.1 zati 30 egin beharko litzateke, eta beraz 0.036-ko balioa legokioke 30 W-ko intentsitateari; eta horrela periodo guztiekin. Parte hartzaile guztietan ariketaren potentziaren eta garatutako laktato/potentzia ratioaren erlazioa grafika bidez adierazi zen eta bigarren mailako erregresio polinomiko baten kurba kalkulatu zen. Kurba honetako formula atalase laktikoari dagokion potentzia kalkulatzeko erabili zen. Atalase aerobikoa laktato/potentzia ratioaren balio baxuenarekin bat datorren ariketaren potentzia bezala definitu zen (ikusi 5. irudia).

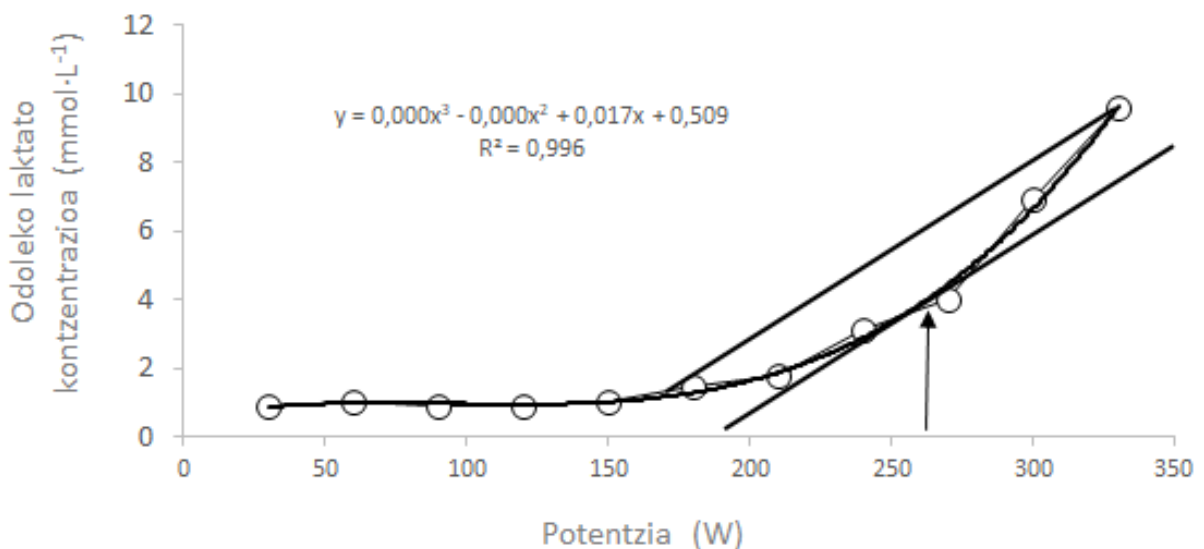


**5. Irudia:** Parte-hartzaile arrunt baten test progresiboan izandako potentziaren eta garatutako laktato/potentzia ratioaren erlazioa erakusten duen grafika. Geziak atalase aerobikoa adierazten du.

#### DMAXint zehaztapena

DMAXint aldagaia intentsitate progresibodun test maximoko laktato balio altuena eta atalase aerobikoari dagokiona lotzen dituen lerroaren tangente paralelo eta kurbaren arteko interseksioari dagokion intentsitatea erabiliz determinatu zen (Van Schuylenbergh et al., 2004; ikusi 6. irudia).

DMAX aldagaia laktatoa eta potentzia erlazionatzen zituen hirugarren mailako erregresio polinomiko baten kurban interpolazioa erabiliz kalkulatu zen. DMAXint aldagaiari zegokion odol laktato kontzentrazioa DMAX izango litzateke.



**6.irudia:** DMAXint aldagaia determinatzen duen laktato balio altuena eta atalase aerobikoari dagokion laktato balioa lotzen dituen lerroaren tangente paralelo eta kurben arteko interseksioa. Geziak atalase anaerobikoa adierazten du.

**Odoleko laktato kontzentrazioa**

Belarriko gingiletik 5  $\mu$ L inguruko odol lagin bat atera zen xixta esteril baten bitartez emandako zitzadarekin. Lagin bakoitza anperometria bidezko neurketak egiten dituen tresna eramangarri bat (Lactate Pro 2; Arkray, Japonia) erabiliz analizatu zen.

**Odoleko glukosa kontzentrazioa**

Belarriko gingiletik 1-2  $\mu$ L inguruko odol lagin bat atera zen xixta esteril baten bitartez emandako zitzadarekin. Lagin bakoitza neurketa fotometriko bidez analizatu zen analizatzaile eramangarri batekin (Accu-check active; Roche diagnostics, Ameriketako Estatu Batuak). Analizatzailea automatikoki kalibratzen zen.

**Analisi estatistikoa**

Batezbestekoa eta desbideratze estandarrak ohiko metodo estatistikoak erabiliz kalkulatu ziren. Datuen banaketa *Shapiro-Wilk* testaren bitartez analizatu zen. Talde entrenatuaren eta ez entrenatuaren aldagaien batezbesteko balioak konparatzeko lagin askeentzako T proba estatistikoa erabili zen. Aldagaien arteko erlazioak Pearson ( $r$ ) koefizientea erabilita determinatu ziren. Adierazgarritasun estatistikoaren maila %5-ean ezarri zen ( $P \leq 0.05$ ). Analisi estatistikoak SPSS (SPSS Inc., Chicago. USA) programaren 24. bertsioa erabiliz egin ziren.

**EMAITZAK:**

Txirrinduan entrenatu gabe zeuden parte hartzaileak ( $26.4 \pm 8.5$  urte) txirrinduan entrenatuta zeuden taldeko parte hartzaileak ( $33.2 \pm 6.9$  urte) baino gazteagoak ziren ( $p = 0.023$ ). Bestalde, gorputzeko gantz kopuru handiagoa erakutsi zuten txirrindularitzan entrenatuta ez zeudenak entrenatuta zeudenak baino ( $p = 0.034$ ). Altueran, gorputz masan eta gantzik gabeko masan bi taldeen artean ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu.

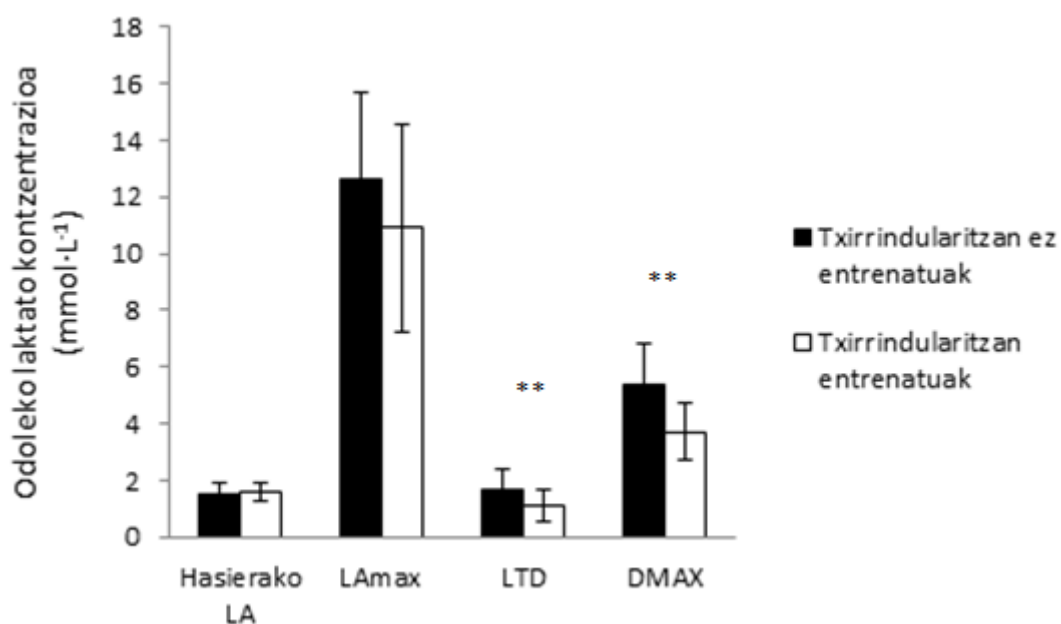
Bigarren taulan txirrindularitzan entrenatu eta ez entrenatuek Wmax-en, atalase aerobikoari eta anaerobikoari zegokion potentzian, eta potentzia maximoaren ehunekotan adierazitako atalase aerobikoaren ( $WLTD_{Wmax\%}$ ) batezbestekoak eta desbideratze estandarrak agertzen dira. Honetaz gain, esfortzuaren pertzepzio eskalan (RPE) partaideek test maximoaren bukaeran adierazitako balioa agertzen da. Talde entrenatuak talde ez entrenatuak baino %27 Wmax balio altuagoa ( $p < 0.001$ ) izan zuen.  $W_{LTD}$ -ri eta DMAXint-ari dagokienean berriz, talde entrenatuak talde ez entrenatuak baino %37 eta %27 potentzia gehiago produzitu zuen hurrenez hurren ( $p < 0.001$ ). Bestalde, talde ez entrenatuak talde entrenatuak baino  $WLTD_{Wmax\%}$  baxuagoa erakutsi zuen ( $p = 0.003$ ). Test maximoaren bukaeran adierazitako esfortzuaren pertzepzioan ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu bi taldeen artean.

**2. taula:** Talde entrenatuaren eta talde ez entrenatuaren test maximoko balioak potentzia maximoan, atalaseei dagokien potentzian eta RPE-n.

	<b>Wmax (W)</b>	<b><math>W_{LTD}</math> (W)</b>	<b>DMAXint (W)</b>	<b><math>WLTD_{Wmax\%}</math> (%)</b>	<b>RPE</b>
Talde ez entrenatua (n=17)	$275.1 \pm 30.8^{***}$	$140.0 \pm 17.5^{***}$	$217.3 \pm 23.7^{***}$	$50.9 \pm 2.7^{**}$	$19.2 \pm 0.7$
Talde entrenatua (n=17)	$348.6 \pm 33.9$	$192.0 \pm 21.9$	$275.0 \pm 27.5$	$55.1 \pm 4.8$	$19.3 \pm 0.9$

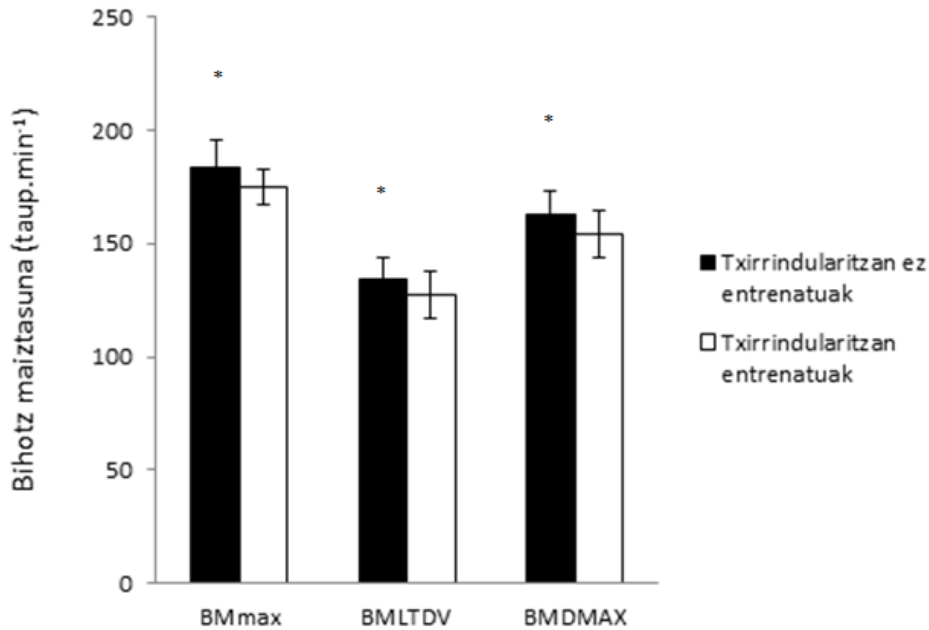
\*\*( $P < 0.01$ ) eta \*\*\*( $P < 0.001$ ) ezberdintasun esanguratsuak erresistentzian entrenatutako parte hartzaileekin konparatuta. Emaitzak batezbestekoak eta  $\pm$  desbideratze estandarrak dira. Wmax = Potentzia aerobiko maximoa;  $W_{LTD}$  = Atalase aerobikoari dagokion intentsitatea; DMAXint = Atalase anaerobikoari dagokion intentsitatea;  $WLTD_{Wmax\%}$  = Potentzia maximoaren ehunekotan adierazitako atalase aerobikoa; RPE = Esfortzuaren pertzepzioa

7. irudian erresistentzian entrenatu eta erresistentzian ez entrenatuen test maximoko laktato balioak agertzen dira; zehazki, hasierako odoleko laktato kontzentrazioa, odoleko laktato kontzentrazio maximoa eta atalase aerobikoari eta atalase anaerobikoari dagokien odoleko laktato kontzentrazioa adierazten dira. Hasierako laktato balioetan eta laktato maximoko balioetan ez zen bi taldeen arteko ezberdintasun esanguratsurik aurkitu. Atalaseei dagokien laktato balioetan berriz, LTD-n txirrinduan entrenatuta ez zeudenek batz bestea, entrenatuek baino %55 gehiagoko odoleko laktato kontzentrazioa izan zuten ( $p = 0.004$ ). Atalase anaerobikoan berriz, txirrinduan entrenatuta ez zeudenek erresistentzian entrenatuek baino %46 gehiagoko odoleko laktato kontzentrazioa izan zuten ( $p = 0.003$ ).



**7. irudia:** Talde entrenatu eta talde ez entrenatuen test progresibo maximoko laktato balioak: test hasieran, maximoa eta atalaseei dagokiena. Datuak batezbesteko eta desbideratze estandarra dira. Hasierako LA = Hasierako odoleko laktato kontzentrazioa; LAmox = Odoleko laktato kontzentrazio maximoa; LTD = Atalase aerobikoa odoleko laktato kontzentrazio bezala adierazita; DMAX = Distantzia maximoaren metodoaren bidez kalkulaturako atalase anaerobikoa odoleko laktato kontzentrazio bezala adierazita \*\* ( $P < 0.01$ ) ezberdintasun esanguratsua talde entrenatu eta ez entrenatuaren artean.

8. irudian talde entrenatu eta talde ez entrenatuen test maximoko BM-aren balioak adierazten dira. BMmax-ko balioetan, atalase aerobikoari dagokion BM balioetan eta atalase anaerobikoari dagokion BM balioetan txirrinduan entrenatuta ez zegoen taldeak entrenatuta zegoen taldeak baino balio handiagoak izan zituen ( $p = 0.012$ ;  $p = 0.049$  eta  $p = 0.015$ , hurrenez hurren).

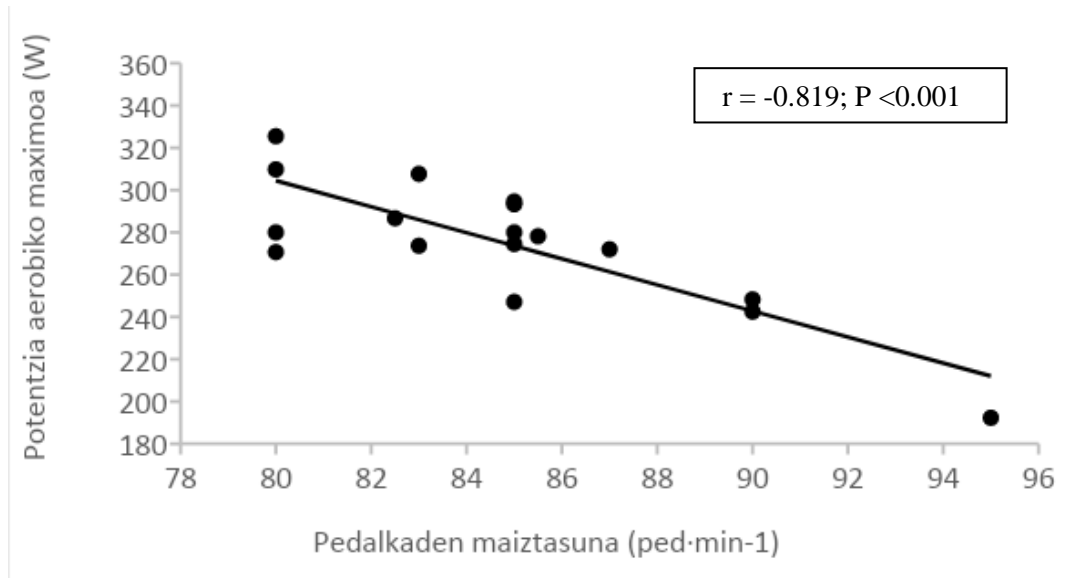


**8. irudia:** Txirrinduan entrenatuta eta ez entrenatuta zeuden taldeen test maximoko bihotz maiztasunaren balioak: Atsedenekoak, atalaseei dagokiena eta maximoa. Datuak batezbesteko eta desbideratze estandarra dira. BMmax = Bihotz maiztasun maximoa; BM<sub>LTD</sub> = Atalase aerobikoari dagokion bihotz maiztasuna; BM<sub>DMAX</sub> = atalase anaerobikoari dagokion bihotz maiztasuna.

Txirrindularitza entrenatuta ez zeuden parte hartzaileen odoleko gluzemia kontzentrazioari dagokionez berriz, intentsitate progresibodun test aurretik neurtutako batezbesteko gluzemia  $92.9 \pm 13.4 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ -koa izan zen. Intentsitate progresibodun test ondorengo odoleko gluzemia berriz  $107.4 \pm 11.7 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ -koa izan zen. Txirrindularitza entrenatuta zeuden parte-hartzaileen odoleko gluzemia kontzentrazioari dagokionez jarduera aurretik batz bestea  $101.1 \pm 13.2 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ -ko balioa izan zuten. Intentsitate progresibodun testaren ondoren berriz batz bestea  $108.5 \pm 16.5 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ -ko balioa izan zuten. Ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu bi taldeen artean testaren aurretik eta testaren ondoren izan zituzten balioetan.

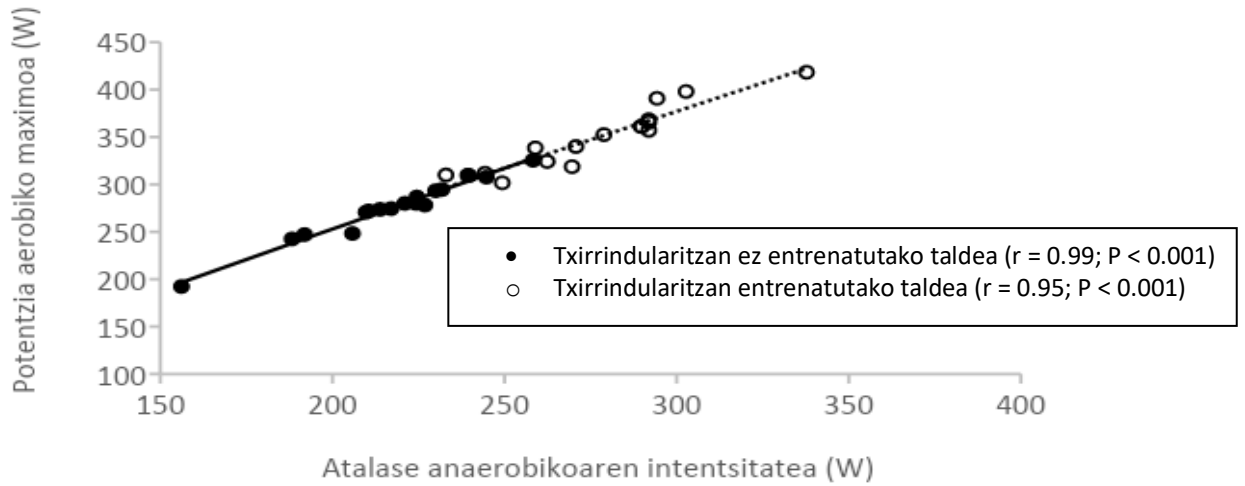
Txirrindularitza entrenatuta ez zegoen taldean gorputz masa eta test progresiboko pedalkaden kadentziak alderantzizko erlazioa izan zuten bitartean ( $r = -0.572$ ;  $P = 0.016$ ), talde entrenatuan ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu bi aldagai horien artean.

Txirrindularitzan entrenatuta ez zegoen taldean  $W_{LTD}$  eta test progresiboko pedalkaden kadentziak ( $r = -0.681$ ;  $P = 0.003$ ) eta  $W_{max}$  eta test progresiboko pedalkaden kadentziak alderantzizko erlazioa izan zuten ( $r = -0.819$ ;  $P < 0.001$ ; ikusi 9. irudia). Txirrindularitzan entrenatuta zegoen taldean berriz LTD eta test progresiboko pedalkaden kadentziak erlazio zuzen esanguratsua izan zuten ( $r = 0.527$ ;  $P = 0.03$ ).

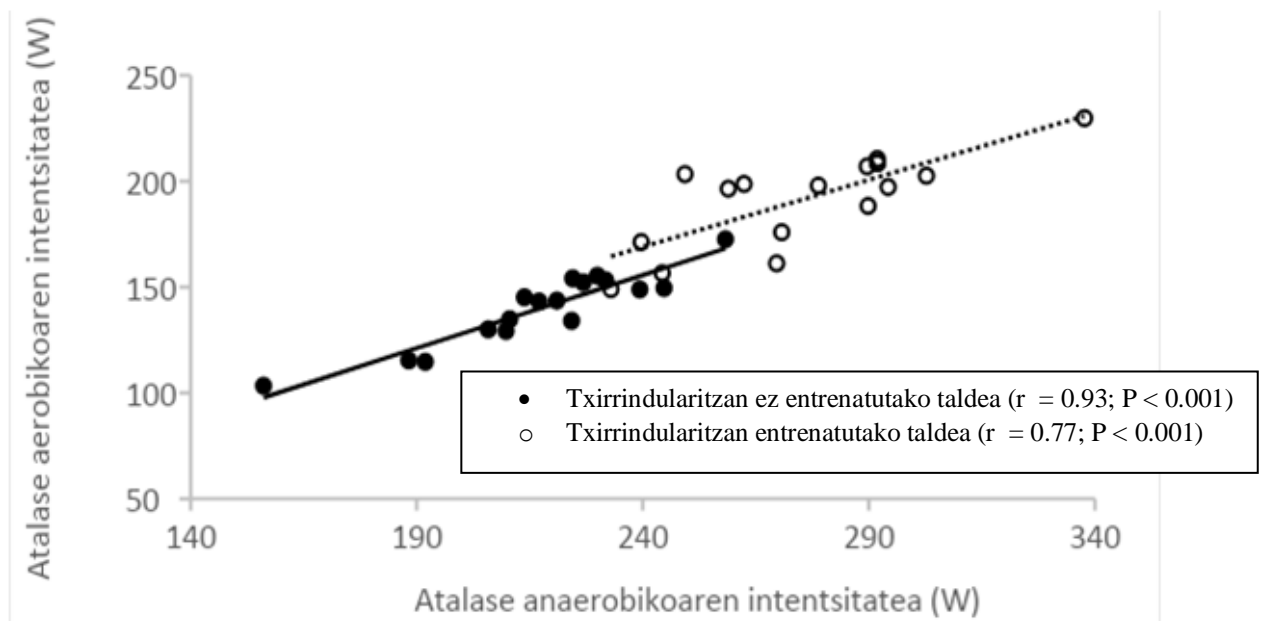


**9. irudia:** Potentzia aerobiko maximoaren eta test maximoko pedalkaden maiztasunaren arteko erlazioa txirrindularitzan ez entrenatutako taldean.

Txirrindularitzan entrenatuta ez zegoen taldean  $W_{LTD}$  eta  $W_{max}$ -ek ( $r = 0.91$ ;  $P < 0.001$ ) eta  $D_{MAXint}$  eta  $W_{max}$ -ek ( $r = 0.99$ ;  $P < 0.001$ ; ikusi 10.irudia) erlazio zuzena izan zuten.  $W_{LTD}$  eta  $D_{MAXint}$  aldagaien artean ere erlazio zuzena izan zuten ( $r = 0.93$ ;  $P < 0.001$ ; ikusi 11. irudia).  $W_{LTD}$  eta  $D_{MAXint}$   $W_{max}\%$  artean berriz ez zen koerlazio esanguratsurik aurkitu ( $r = 0.41$ ;  $P = 0.10$ ). Txirrindularitzan entrenatuta zegoen taldean berriz  $W_{LTD}$  eta  $W_{max}$ -ek ( $r = 0.91$ ;  $P < 0.001$ ) eta  $D_{MAXint}$  eta  $W_{max}$ -ek ( $r = 0.95$ ;  $P < 0.001$ ; ikusi 10. irudia) erlazio zuzena izan zuten.  $W_{LTD}$  eta  $D_{MAXint}$ -ek ( $r = 0.77$ ;  $P < 0.001$ ; ikusi 11. irudia) eta  $W_{LTD}$  eta  $W_{LTD_{W_{max}\%}}$ -ek ( $r = 0.56$ ;  $P = 0.02$ ; ikusi 12. irudia) ere erlazio zuzena izan zuten.

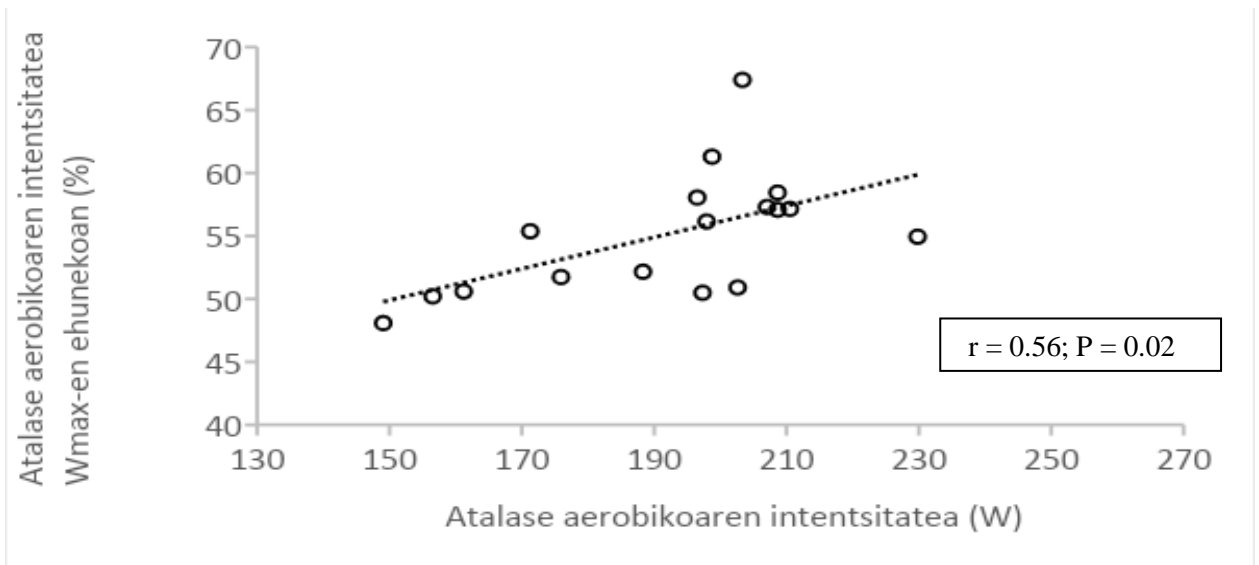


**10.irudia:** Potentzia aerobiko maximoaren ( $W_{max}$ ) eta atalase anaerobikoaren intentsitatearen ( $DMAX_{int}$ ) arteko erlazioa txirringularitzan entrenatu eta ez entrenatutako taldeetan.



**11.irudia:** Atalase aerobikoaren intentsitatea ( $W_{LTD}$ ) eta atalase anaerobikoaren intentsitatearen ( $DMAX_{int}$ ) arteko erlazioa txirringularitzan entrenatutako eta ez entrenatutako taldeetan.





**12.irudia:** Atalase aerobikoaren intentsitatea potentzia aerobiko maximoaren ehunekotan adierazita eta atalase aerobikoaren intentsitatearen arteko erlazioa txirringularitzan entrenatutako taldean.

### EZTABAIDA:

Nire jakintzaren arabera, zikloergometroan egindako intentsitate progresibodun test maximo batean txirrindularitzan entrenatu eta ez entrenatuen artean odoleko laktato kontzentrazioan ezberdintasunak dagoen edo ez aztertzen duen lehen ikerketa da hau. LAMax, DMAX eta LTD aldagaietan talde entrenatu eta ez entrenatuaren arteko ezberdintasunak, eta aldagai horien arteko koerlazioak aztertu dira. Gainera Wmax, DMAXint eta  $W_{LTD}$  aldagaiek LAMax, DMAX eta LTD aldagaiekin koerlazioak duten ere aztertu da. Ikerketa honetan, espero bezala txirrindularitzan entrenatutako taldeak txirrindularitzan ez entrenatutako taldeak baino Wmax (%27),  $W_{LTD}$  (%37), DMAXint (%27) eta  $WLTD_{Wmax\%}$  (%8) balio handiagoak izan zituen. Bestalde, test maximoaren amaieran adierazitako esfortzuaren pertzepzioan ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu. Laktato eta bihotz maiztasun balioetan (LTD, DMAX, BMmax, BMLTD eta BMDMAX) berriz, talde ez entrenatuak talde entrenatuak baino balio handiagoak izan zituen. Txirrindularitzan entrenatutako taldean LTD eta pedalkaden kadentziak, eta  $W_{LTD}$  eta  $WLTD_{Wmax\%}$ -k erlazio zuzena izan zuten. Txirrindularitzan ez entrenatutako taldean berriz gorputzeko masak,  $W_{LTD}$ -k eta Wmax-ek test progresiboko pedalkaden kadentziarekin alderantzizko erlazioa izan zuten.

Literatura zientifikoan txirrindularitzan entrenatutako eta ez entrenatutako pertsonen egoera fisikoaren ezaugarriak (Wmax, atalase aerobiko eta anaerobikoei dagokien intentsitatea, BMmax eta atsedenekoa BM) eta ezaugarri antropometriko esanguratsuenak (altuera, gorputz masa eta gantz ehunekoa) neurtzen dituzten hainbat ikerketa daude.

Ezaugarri antropometrikoak dagokienean, nire ikerketan txirrindularitzan entrenatutako taldeak izan zituen batezbesteko balioak (altuera:  $177.7 \pm 8.3$  cm; gorputz masa:  $74.9 \pm 10.1$  kg; gantz ehunekoa:  $8.6 \pm 2.9$  %) literatura zientifikoan agertzen diren artikuluetan neurtutako ezaugarri antropometrikoen antzerakoak dira (Arratibel-Imaz et al., 2015; García-García et al., 2018; Messias et al., 2018). Txirrindularitzan ez entrenatutako parte hartzaileen taldeen barruan maila oso ezberdineko parte hartzaileak daudenez literatura zientifikoan datu heterogeneoak daude. Nire ikerketan neurtutako datuak (altuera:  $176.4 \pm 4.8$  cm; gorputz masa:  $74.7 \pm 6.4$  kg; gantz ehunekoa:  $9.6 \pm 2$  %) ikerketa batzuetan adierazitakoen antzerakoak dira (Messias et al., 2018) baina beste ikerketa batzuetan adierazitakoekin ezberdintasun handiak daude (Tyka et al., 2009; altuera:  $178.5 \pm 4$  cm; gorputz masa:  $70.5 \pm 6.1$  kg; gantz ehunekoa:  $13 \pm 7.9$  %).

Erresistentziako errendimendua aurreikusten duten parametroak konparatzeko orduan berriz, arrazoi metodologikoen ondorioz oso zaila da nire ikerketan lortutako emaitzak

literatura zientifikoko emaitzekin konparatzea. Intentsitate progresibodun test maximoetan protokolo ezberdin asko erabiltzen dira eta atalase aerobiko eta anaerobikoaren intentsitatea determinatzeko erabiltzen diren metodoak ere oso anitzak dira. Hala eta guztiz ere,  $W_{max}$ -ari dagokionean nire ikerketan txirrindulari entrenatuetan literatura zientifikokoan ageri diren emaitzen antzerako balioak lortu dira (Borszcz et al., 2018; Dekerle et al., 2003; Denadai et al., 2004; Grossl et al., 2012). Bestalde, nire ikerketan, antzerako metodologia erabilitako beste zenbait ikerketan baino  $BM_{max}$  balio altuagoak lortu dira (Baron et al., 2007; Dekerle et al., 2003; Grossl et al., 2012; Messias et al., 2018; Van Schuylenbergh et al., 2004). Hala ere, beste ikerketa batean nire ikerketan baino  $BM_{max}$  balio baxuagoak ageri dira (Bentley & McNaughton, 2003). Atalase anaerobikoari dagokion intentsitatearen balioak literatura zientifikokoan dauden datuekin konparatzerakoan denetarik datuak daude. Ikerketa batzuetan nire ikerketan baino emaitza altuagoak lortu dira (Denadai et al., 2004; Van Schuylenbergh et al., 2004; Heuberger et al., 2018) eta beste batzuetan berriz baxuagoak (Borszcz et al., 2018; Dekerle et al., 2003; Grossl et al., 2012; Mattern et al., 2003). Kontuan izan behar da, nire ikerketan triatletak ere bazeudela eta azken hauek hiru kirol tartekatzen dituztenez, zikloergometroan buruturiko testetan maila berdineko txirrindulariek baino emaitza baxuagoak izaten dituztela.

Talde ez entrenatuaren kasuan berriz  $W_{max}$  (Denadai et al., 2004; Denadai et al., 2006; Michalik, 2019; Wonisch et al., 2002) eta atalase anaerobikoari dagokion intentsitatearen balio oso ezberdinak adierazten dituzten ikerketak daude (De Barros et al., 2011; Denadai et al., 2004; Smekal et al., 2012; Wonisch et al., 2002). Artikulu hauen artean emaitza ezberdinak dauden arren,  $W_{max}$ -aren batezbestekoa nire ikerketan baino handiagoa da (295W) eta atalase anaerobikoari dagokion intentsitatearen batezbestekoa berriz baxuagoa (205W).  $BM_{max}$  neurtu duten hainbat test maximoetan nire ikerketan lortutako  $BM_{max}$ -ko balio altuagoak lortu dituzte (Messias et al., 2018; Michalik, 2019; Tyka et al., 2009).

Intentsitate progresiboduneko test maximoan atalase aerobiko eta anaerobikoari dagozkien odoleko laktato kontzentrazioak neurtu dira talde entrenatu eta ez entrenatuan. Literatura zientifikokoan urte askotan zehar erresistentzia maila altuko kirolariek erresistentzia maila baxuko kirolariek baino atalase anaerobikoari dagokion odoleko laktato kontzentrazio baxuagoa duten ustea egon da (Allen et al., 1985; Oyono-Enguelle et al., 1990). Nire ikerketan ere txirrindularitzan entrenatutako taldeko parte hartzaileek ( $3.7 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) txirrindularitzan ez entrenatutako parte hartzaileek ( $5.4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) baino  $DMAX$  baxuagoa izan dute. Literatura zientifikokoan nik dakidanez beste hiru ikerketetan neurtu da erresistentzian entrenatu eta ez

entrenatuen atalase anaerobikoari dagokion odoleko laktato kontzentrazioa (Beneke et al., 2000; Messias et al., 2018; Messonnier et al., 2013)

Bi ikerketetan nire ikerketan lortutako norabide berdineko emaitzak ageri dira. Txirrindularitzan esperientziarik ez duten baina kirol ezberdinak, futbola eta saskibaloia, besteak beste, praktikatzen zituzten 12 gizonezko ( $3.2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) txirrindularitzan gutxienez 2 urteko esperientzia zuten gizonezko kirolariek ( $1.8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) baino atalase anaerobikoari zegokion odoleko laktato kontzentrazio altuagoa izan zuten (Messias et al., 2018). Messonnier et al.-ren (2013) ikerketan ere, osasuntsu zeuden 6 pertsona aktibok ( $4.3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) 6 txirrindulari eta triatletek ( $3.6 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) baino balio altuagoak eskuratu zituzten. Beneke et al.-en (2000) ikerketan berriz, ez zen erresistentziako atleten eta erresistentzian entrenatuak ez ziren atleten arteko ezberdintasunik aurkitu laktatoaren egoera egonkor gorenari (ingelesezko MLSS-ri, determinatzeko metodo ezberdina duen baina atalase anaerobikoaren baliokidea kontsideratu daitekeen aldagaia) zegokion odoleko laktato kontzentrazioan. Honen arrazoiak ezberdinak izan ahal diren arren, egia da metodologiari erreparatuz gero parte hartzaileak aukeratzeko orduan nire ikerketak Messias et al.-en eta Messonnier et al.-en ikerketarekin antzekotasun handiagoak dituela. Bi ikerketa hauetan parte hartzaileak txirrinduarekin izandako esperientziaren arabera banatzen dira, hau da, txirrindularitzan entrenatuak eta txirrindularitzan ez entrenatuak. Beneke et al.-en ikerketan berriz erresistentzian entrenatutako taldea korrikalariek osatzen dute eta hauek ez daukate txirrinduarekin inolako aurretiko esperientziarik. Gainera, atalase anaerobikoa determinatzeko orduan Beneke et al.-en ikerketan MLSS metodoa erabili zen, ikerketa honetan eta Messias et al.-enean DMAX metodoa erabili zelarik; honek emaitzetan eragina izan dezake.

BMmax esfortzu maximoko egoeran lortutako bihotz maiztasun balio altuena da (Camarda et al., 2008). Urte askotan zehar medikuntza eta kirol fisiologia arloetan aldagai erabilienetako bat izan da gaixotasunen errehabilitazio eta kirol entrenamendu prozesuetan jarduera fisikoaren intentsitatea preskribatzeko (Camarda et al., 2008; Nes et al., 2013; Tanaka et al., 2001). Honetaz gain, gaitasun aerobiko maximoa determinatzeko ere erabili izan zen garai batean; gaur egun prozedura hau ez da egokitzat hartzen (Tanaka et al., 2001). Ikerketa honetan, ez entrenatuen taldeak BMmax-aren balio altuagoak izan zituen entrenatuen taldeak baino. Hau, bi taldeen arteko adinaren ezberdintasunagatik izan daiteke. Izan ere, entrenatuak nagusiagoak ziren ez entrenatuak baino. Aipatutakoa, bat dator pertsona baten adina gero eta handiagoa izan orokorrean BMmax baxuagoa dela adierazi duten ikerketekin (Camarda et al., 2008; Kostis et al., 1982; Lester et al., 1968). Honen arrazoiak nagusiki adinaren ondorioz gorputzean gertatzen diren aldaketa fisiologikoak dira; izan ere, pertsonok heltzearekin batera,

gure bolumen sistolikoa handiagotu eta A-adrenergikoen errezeptoreen erantzun maila jaitsi egiten da (Zhu et al., 2010). Funtsean, hontan oinarritzen da BMmax estimatzeko oso erabilia den  $BM = 220 - \text{adina}$  metodoa (Camarda et al., 2008; Nes et al., 2013; Tanaka et al., 2001). Hala ere, bihotz maiztasunaren eta adinaren arteko erlazioa pertsona gazteetan (40 urtetik beherakoak) eta nagusietan (40 urtetik gorakoak) ezberdina dela eta beraz, formula honek gazteen balioak balioesten eta adinekoenak gutxiesten dituela argudiatuz (Camarda et al., 2008), autore batzuek metodo hau zalantzan jarri dute (Robergs & Landwehr, 2002; Tanaka et al., 2001; Verschuren et al., 2011).

Bestalde, orokorrean entrenatuek ez entrenatuek baino BMmax baxuagoa dute eta kirolari entrenatuen sistema kardiobaskularrak entrenamenduaren ondorioz jasandako adaptazioak dira honen arrazoi nagusia (Camarda et al., 2008). Nire ikerketan ere norabide honetako emaitzak lortu dira, aipatu bezala, txirrindularitzan ez entrenatutako taldeak entrenatutako taldeak baino BMmax balio altuagoak izan bait ditu.

Hainbat autorek atalase anaerobikoaren eta Wmax-en arteko erlazio esanguratsua aurkitu dute (Støren et al., 2014; Van Schuylenbergh et al., 2004). Nire ikerketaren helburuetako bat txirrindularitzan entrenatu eta ez entrenatuen arteko ezberdintasunak aztertzea denez, bi aldagai hauen arteko erlazioan bi taldeen artean ezberdintasunik dagoen aztertu da. Bi taldeen artean ez dago aldagai hauen arteko loturari dagokioneko ezberdintasun nabarmenik, hau da, entrenatuen taldean ( $r = 0.95$ ;  $P < 0.001$ ;  $y = 1.1994x + 17.284$ ) eta ez entrenatuen taldean ( $r = 0.99$ ;  $P < 0.001$ ) DMAXint eta Wmax aldagaiek erlazio esanguratsu oso altua dute. Ikerketa honetan, entrenatuen taldean bi aldagai hauen erlazioa ondorengo ekuazioarekin adieraz daiteke  $y = 1.1994x + 17.284$ , eta ez entrenatuen taldean  $y = 1.2811x - 3.2798$  ekuazioarekin, non kasu bietan “y”-k Wmax adierazten duen eta “x”-k DMAXint.

Wmax-a neurtzeko ez da odoleko laktato kontzentrazioa neurtu behar. Beraz, bai pertsona entrenatuetan baita pertsona ez entrenatuetan ere, posible da atalase anaerobikoa intentsitate progresiboduneko test batean odoleko laktato kontzentrazioa neurtu gabe estimatzea, honek entrenamenduaren egunerokoan erabilgarritasun handia duelarik. Kasu askotan, elite mailako kirolariak ez direnean esaterako, oso zaila da arrazoi ekonomikoaren ondorioz laborategian odoleko laktato kontzentrazioa neurtzea. Bestalde eliteko kirolarien kasuan, nahiz eta odoleko laktato kontzentrazioa neurtzeko baliabideak izan, odoleko laktato neurketak egiteko metodo inbasiboak erabili behar dira eta hauek askotan ez dira eliteko kirolarien gustokoak izaten. Ondorioz, atalase anaerobikoa aurreikusteko metodo baliagarria da Wmax kalkulatzeko, odoleko laktato kontzentrazioa neurtzeko metodo inbasiboa izanik honen

prozedimentuak konplexutasun nahiko handia duelako eta baliabide gutxi duten kirolarientzat, gaur egun, eskuraezina delako (Llodio et al., 2015).

$W_{LTD_{W_{max}}}$ -i dagokionez, ikerketa honetan txirrindularitzan entrenatutako taldeak (% 55.1) ez entrenatutako taldeak (%50.9) baino balio handiagoa izan zuen. Emaitza hauek bat datoz futbol jokalarietan (Llodio et al., 2015) eta korrikalari entrenatuetan (Garcia-Tabar & Gorostiaga, 2018; Llodio et al., 2016) korrika egindako intentsitate progresibodun test maximoetan bi aldagai hauen artean aurkitu diren erlazio positiboekin. Erlazio honek, ahalmen aerobiko hobea ( $W_{LTD}$  altuagoa) duten korrikalariak ahalmen aerobiko eskasagoa ( $W_{LTD}$  baxuagoa) duten korrikalariak baino  $W_{max}$  portzentai handiagoan dutela beraien  $W_{LTD}$ -ren balioa erakusten digu. Hau kontuan hartzea beharrezkoa da entrenamendu plan baten intentsitate guneak  $W_{max}$ -en portzentaian determinatu nahi direnean. Hau da,  $W_{max}$ -aren %50eko intentsitateko entrenamendu lan bat egiterakoan txirrinduan entrenatuta dauden parte hartzaile gehienak atalase aerobikoaren azpitik jarduten ari diren bitartean, ez entrenatu guztiak atalase aerobikoaren gainetik jardungo lukete. Beraz honek kasu batzuetan gain entrenamendura eta beste batzuetan dagokion intentsitate azpitik entrenatzera eraman dezake.

Ikerketa honek baditu muga batzuk. Parte hartzaileak txirrindularitzan entrenatutako eta ez entrenatutako taldeetan banatu dira. Hala ere, talde barruan, maila ezberdina duten kirolariak daude eta zaila den arren, posible da, talde ez entrenatuko parte hartzailearen batek talde entrenatutako parte hartzailearen baten erresistentziarekiko egoera fisiko antzerakoa izatea. Gainera txirrindularitzan entrenatutako parte hartzaileak ez dira goi errendimenduko kirolariak, beraz, emaitza hauek ezin dira goi errendimenduko kirolarietara orokortu. Esaterako, txirrindulari entrenatuen talde barruan txirrindulari amateur baten eta elite mailako txirrindulari baten artean erresistentziako parametroetan ezberdintasun handiak egongo dira. Bestalde, zaila da ikerketa honetako emaitzak literatura zientifikoko emaitzekin alderatzea intentsitate progresiboduneko testetako protokolo eta atalase aerobiko eta anaerobiko determinatzeko metodo ugari daudelako. Intentsitate progresiboduneko testetan hasierako karga, kargaren iraupenak, kargaren igoerak, inguruneke tenperaturak, test aurreko orduetan kontsumitutako substantziak eta beste hainbat faktorek lortuko diren emaitzetan eragina daukate. Ikerketa honetan LTD eta DMAX metodoak erabili dira, beraz, beste metodo batzuekin konparatzerako orduan posible da emaitzetan ezberdintasunak egotea.

**ONDORIOAK eta APLIKAZIO PRAKTIKOAK:**

Laburbilduz, txirrindularitzan entrenatuta eta ez entrenatuta zeuden taldeen artean ezberdintasunak aurkitu ziren gorputz konposaketa eta erresistentziako errendimendua aurreikusten duten hainbat parametrotan. Txirrindularitzan entrenatutako taldeak batz besterik gorputzeko gantz kopuru txikiagoa izan zuen. Bestalde  $W_{max}$ ,  $W_{LTD}$ ,  $DMAX_{int}$  eta  $WLTD_{W_{max}\%}$  aldagaietan entrenatutako taldeak entrenatu gabe zegoen taldeak baino balio handiagoak izan zituen. Entrenamendu plan baten intentsitate guneak  $W_{max}$ -en portzentaian determinatu nahi direnean hau kontuan hartzea ezinbestekoa da. Laktato eta bihotz maiztasun balioetan ( $LTD$ ,  $DMAX$ ,  $BM_{max}$ ,  $BM_{LTD}$  eta  $BM_{DMAX}$ ) berriz, talde ez entrenatuak talde entrenatuak baino balio handiagoak izan zituen. Atalase aerobikoari eta anaerobikoari dagozkien odoleko laktato kontzentrazioak eta bihotz maiztasunak pertsonen zikloergometroko errendimenduan duten papera sakonago aztertu beharko litzateke etorkizuneko ikerketetan. Bestalde, bi taldeetako parte hartzaileen hainbat aldagaietan koerlazioak aurkitu ziren. Talde ez entrenatuan gorputz masak,  $W_{LTD}$ -k eta  $W_{max}$ -ek test progresiboko pedalkaden kadentziarekin alderantzizko erlazioa izan zuten.  $W_{LTD}$ -k eta  $DMAX_{int}$ -ek berriz beraien artean eta  $W_{max}$ -ekin erlazio zuzena izan zuten. Talde entrenatuan  $LTD$  eta test progresiboko pedalkaden kadentziak alderantzizko erlazioa izan zuten.  $W_{LTD}$ -k  $W_{max}$ -ekin,  $VLTD$ -k  $DMAX_{int}$ -ekin eta  $W_{LTD}$ -k  $WLTD_{W_{max}\%}$ -ekin ere erlazio zuzena izan zuten. Bestalde, talde entrenatuan ( $r = 0.95$ ;  $P < 0.001$ ) eta ez entrenatuan ( $r = 0.99$ ;  $P < 0.001$ )  $DMAX_{int}$  eta  $W_{max}$  aldagaiek erlazio esanguratsua dutela ikusi da. Beraz, bi taldeetan posible da atalase anaerobikoa intentsitate progresiboduneko test batean odoleko laktato kontzentrazioa neurtu gabe estimatzea.

**BIBLIOGRAFIA:**

- Allen, W. K., Seals, D. R., Hurley, B. F., Ehsani, A. A., & Hagberg, J. M. (1985). Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, 58(4), 1281–1284. <https://doi.org/10.1152/jappl.1985.58.4.1281>
- Arratibel-Imaz, I., Calleja-González, J., Emparanza, J. I., Terrados, N., Mjaanes, J. M., & Ostojic, S. M. (2015). Lack of concordance amongst measurements of individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state on a cycle ergometer. *Physician and Sportsmedicine*, 44(1), 34–45. <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1122501>
- Babij, P., Matthews, S. M., & Rennie, M. J. (1983). Changes in blood ammonia, lactate and amino acids in relation to workload during bicycle ergometer exercise in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(3), 405–411. <https://doi.org/10.1007/BF00423246>
- Bang, O. (1936). The lactate content of the blood during and after muscular exercise in man. *Skandinavisches Archiv Für Physiologie*, 74(10), 51–82. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1936.tb00435.x>
- Baron, B., Noakes, T. D., Deckerle, J., Moullan, F., Robin, S., Matran, R., & Pelayo, P. (2007). Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? *British Journal of Sports Medicine*, 42(10), 528–533. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.040444>
- Beneke, R., Leithhauser, M., & Ochentel, O. (2011). Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 8–24.
- Beneke, Ralph, Utler, M. H., & Auser, R. M. L. (2000). Maximal lactate-steady-state independent of performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(6), 1135–1139.
- Bentley, D. J., & McNaughton, L. R. (2003). Comparison of Wpeak, VO2peak and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: Relationship to endurance performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(4), 422–435. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(03\)80268-2](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(03)80268-2)
- Bentley, David J., Newell, J., & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis: Implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, 37(7), 575–586. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737070-00002>
- Bertuzzi, R., Nascimento, E. M. F., Urso, R. P., Damasceno, M., & Lima-Silva, A. E. (2013). Energy system contributions during incremental exercise test. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 454–460.
- Bloom, S. R., Johnson, R. H., Park, D. M., & Sulaiman, W. R. (1976). Differences in the metabolic and hormonal response to exercise between racing cyclists and untrained individuals. *Journal of Applied Physiology*, 258, 1–18.
- Borszcz, F., Tramontin, A. F., Bossi, A. H., Carminatti, L. J., & Costa, V. (2018). Functional Threshold Power in Cyclists: Validity of the Concept and Physiological Responses. *International Journal of Sports Medicine*, 39(10), 737–742. <https://doi.org/10.1055/s-0044-101546>
- Bourdon P. (2000) Blood lactate transition thresholds: Concepts and controversies. In: Gore C (Eds.). *Physiological Tests for Elite Athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics, 50-65
- Buono, M. J., Clancy, T. R., & Cook, J. R. (1984). Blood lactate and ammonium ion accumulation during graded exercise in humans. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology*, 57(1), 135–139.



<https://doi.org/10.1152/jappl.1984.57.1.135>

- Camarda, S. R. de A., Tebexreni, A. S., Páfaró, C. N., Sasai, F. B., Tambeiro, V. L., Juliano, Y., & Barros Neto, T. L. de. (2008). Comparison of maximal heart rate using the prediction equations proposed by Karvonen and Tanaka. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 91(5), 311–314. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2008001700005>
- Carter JEL. (1982). Body composition of Montreal Olympic athletes. Physical Structure of Olympic Athletes. Part I: The Montreal Olympic Games Anthropological Project. 107-116
- De Barros, C. L. M., Mendes, T. T., Mortimer, L. Á. C. F., Simões, H. G., Prado, L. S., Wisloff, U., & Silami-Garcia, E. (2011). Maximal lactate steady state is altered in the heat. *International Journal of Sports Medicine*, 32(10), 749–753. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1277191>
- Dekerle, J., Baron, B., Dupont, L., Vanvelcenaher, J., & Pelayo, P. (2003). Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 281–288. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0786-y>
- Denadai, B. S., de Araújo Ruas, V. D., & Figueira, T. R. (2006). Maximal lactate steady state concentration independent of pedal cadence in active individuals. *European Journal of Applied Physiology*, 96(4), 477–480. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0090-8>
- Denadai, B. S., Figuera, T. R., Favaro, O. R. P., & Gonçalves, M. (2004). Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37(10), 1551–1556. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2004001000015>
- Dickhut, H-H., Yin, L., Niess, A., Rocker, A., Mayer, F., Heitkamp, H.C., Horstmann, T. (1999). Ventilatory, Lactate-Derived and Catecholamine Thresholds During Incremental Treadmill Running: Relationship and Reproducibility. *International Journal of Sports Medicine*, 20,122-127.
- Dotan, R. (2012). Reverse lactate threshold: A novel single-session approach to reliable high-resolution estimation of the anaerobic threshold. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 141–151. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.2.141>
- Dudley, G. A., Staron, R. S., Murray, T. F., Hagerman, F. C., & Luginbuhl, A. (1983). Muscle fiber composition and blood ammonia levels after intense exercise in humans. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology*, 54(2), 582–586. <https://doi.org/10.1152/jappl.1983.54.2.582>
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Medicine*, 39(6), 469–490. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Ferguson, B. S., Rogatzki, M. J., Goodwin, M. L., Kane, D. A., Rightmire, Z., & Gladden, L. B. (2018). Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. *European Journal of Applied Physiology*, 118(4). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3795-6>
- García-García, O., Cuba-Dorado, A., Fernández-Redondo, D., & López-Chicharro, J. (2018). Neuromuscular Parameters Predict the Performance in an Incremental Cycling Test. *International Journal of Sports Medicine*, 39(12), 909–915. <https://doi.org/10.1055/a-0644-3784>
- García-Tabar, I., & Gorostiaga, E. M. (2018). A “Blood Relationship” Between the Overlooked

- Minimum Lactate Equivalent and Maximal Lactate Steady State in Trained Runners. Back to the Old Days? *Frontiers in Physiology*, 9, 1–13.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01034>
- Garcia-Tabar, I., Sanchez-Medina, L., Aramendi, J. F., Ruesta, M., Ibañez, J., & Gorostiaga, E. M. (2013). Heart Rate Variability Thresholds Predict Lactate Thresholds in Professional World-Class Road Cyclists. *Journal of Exercise Physiology*, 16(5), 38–49.
- Gavin, J. P., Willems, M. E. T., & Myers, S. D. (2013). Reproducibility of lactate markers during 4 and 8min stage incremental running: A pilot study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(6), 635–639. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.08.006>
- Ghosh, A. K. (2004). Anaerobic threshold: Its concept and role in endurance sport. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 11(1), 24–36.
- Grossl, T., de Lucas, R. D., de Souza, K. M., & Guglielmo, L. G. A. (2012). Maximal lactate steady-state and anaerobic thresholds from different methods in cyclists. *European Journal of Sport Science*, 12(2), 161–167. <https://doi.org/10.1080/17461391.2010.551417>
- Hall, M. M., Rajasekaran, S., Thomsen, T. W., & Peterson, A. R. (2016). Lactate: Friend or Foe. *PM and R*, 8(3), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.10.018>
- Heuberger, J. A. A. C., Gal, P., Stuurman, F. E., De Muinck Keizer, W. A. S., Miranda, Y. M., & Cohen, A. F. (2018). Repeatability and predictive value of lactate threshold concepts in endurance sports. *PLoS ONE*, 13(11), 1–16.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206846>
- Kostis, J. B., Moreyra, A. E., Amendo, M. T., Di Pietro, J., Cosgrove, N., & Kuo, P. T. (1982). The effect of age on heart rate in subjects free of heart disease. Studies by ambulatory electrocardiography and maximal exercise stress test. *Circulation*, 65(1), 141–145.  
<https://doi.org/10.1161/01.CIR.65.1.141>
- Lester, M., Sheffield, L. T., Trammell, P., & Reeves, T. J. (1968). The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *American Heart Journal*, 76(3), 370–376. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(68\)90233-0](https://doi.org/10.1016/0002-8703(68)90233-0)
- Llodio, I., Garcia-Tabar, I., Sanchez-Medina, L., Ibañez, J., & Gorostiaga, E. M. (2015). Estimation of the maximal lactate steady state in postmenopausal women. *Journal of Sports Sciences*, 37(15), 1725–1733. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1586814>
- Llodio, I., Gorostiaga, E. M., Garcia-Tabar, I., Granados, C., & Sanchez-Medina, L. (2016). Estimation of the maximal lactate steady state in postmenopausal women. *Journal of Sports Sciences*, 37(15), 1725–1733. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1586814>
- Lorenzo, S., Minson, C. T., Babb, T. G., & Halliwill, J. R. (2011). Lactate threshold predicting time-trial performance: Impact of heat and acclimation. *Journal of Applied Physiology*, 111(1), 221–227. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00334.2011>
- Marino, F. E., Mbambo, Z., Kortekaas, E., Wilson, G., Lambert, M. I., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (2001). Influence of ambient temperature on plasma ammonia and lactate accumulation during prolonged submaximal and self-paced running. *European Journal of Applied Physiology*, 86(1), 71–78. <https://doi.org/10.1007/s004210100506>
- Mattern, C. O., Gutilla, M. J., Bright, D. L., Kirby, T. E., Hinchcliff, K. W., & Devor, S. T. (2003). Maximal lactate steady state declines during the aging process. *Journal of Applied Physiology*, 95(6), 2576–2582. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00298.2003>
- Messias, L. H. D., Polisel, E. E. C., & Manchado-Gobatto, F. B. (2018). Advances of the reverse lactate threshold test: Non-invasive proposal based on heart rate and effect of

- previous cycling experience. *PLoS ONE*, 13(3).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194313>
- Messonnier, L. A., Emhoff, C. A. W., Fattor, J. A., Horning, M. A., Carlson, T. J., & Brooks, G. A. (2013). Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 114(11), 1593–1602.  
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00043.2013>
- Michalik, K., Danek, N., Zaton, M. (2019). Assessment of the physical fitness of road cyclists in the step and ramp protocols of the incremental test. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(8), 1285-1291. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09126-6>.
- Nes, B. M., Janszky, I., Wisløff, U., Støylen, A., & Karlsen, T. (2013). Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT Fitness Study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(6), 697–704. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01445.x>
- Oyono-Enguelle, S., Marbach, J., Heitz, A., Ott, C., Gartner, M., Pape, A., Vollmer, J. C., & Freund, H. (1990). Lactate removal ability and graded exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 68(3), 905–911. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.1990.68.3.905>
- Robergs, R. A., & Landwehr, R. (2002). The surprising history of the “HRmax=220-age” equation. *Journal of Exercise Physiology Online*, 5(2), 1–10.
- Smekal, G., Duvillard, S. P. V., Pokan, R., Hofmann, P., Braun, W. A., Arciero, P. J., Tschan, H., Wonisch, M., Baron, R., & Bachl, N. (2012). Blood lactate concentration at the maximal lactate steady state is not dependent on endurance capacity in healthy recreationally trained individuals. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 3079–3086.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-011-2283-7>
- Smekal, G., Scharl, A., Von Duvillard, S. P., Pokan, R., Baca, A., Baron, R., Tschan, H., Hofmann, P., & Bachl, N. (2002). Accuracy of neuro-fuzzy logic and regression calculations in determining maximal lactate steady-state power output from incremental tests in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 264–274.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-002-0702-5>
- Stegmann, H., Kindermann, W., & Schnabel, A. (1981). Lactate Kinetics and Individual Anaerobic Threshold. *Sports Medicine*, 2(3), 160–165.
- Stöggl, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, 5(33), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00033>
- Støren, Øy., Ronnestad, B. R., Sunde, A., Hansen, J., Ellefsen, S., & Helgerud, J. (2014). A time-saving method to assess power output at lactate threshold in well-trained and elite cyclists. *Strength And Conditioning*, 28(3), 28–30.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *J Am Coll Cardiol*, 37(1), 153–156.
- Thomas, V., Costes, F., Chatagnon, M., Pouilly, J. P., & Busso, T. (2008). A comparison of lactate indices during ramp exercise using modelling techniques and conventional methods. *Journal of Sports Sciences*, 26(13), 1387–1395.  
<https://doi.org/10.1080/02640410802104920>
- Tyka, A., Palka, T., Tyka, A., Cison, T., & Szygula, Z. (2009). The influence of ambient temperature on power at anaerobic threshold determined based on blood lactate

- concentration and myoelectric signals. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 22(1), 1–6. <https://doi.org/10.2478/v10001-009-0005-8>
- Urhausen, A., Coen, B., Weiler, B., & Kindermann, W. (1993). Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*, 14(3), 134–139. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021157>
- Van Schuylenbergh, R., Vanden Eynde, B., & Hespel, P. (2004). Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 25(6), 403–408. <https://doi.org/10.1055/s-2004-819942>
- Verschuren, O., Maltais, D. B., & Takken, T. (2011). The 220-age equation does not predict maximum heart rate in children and adolescents. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 53(9), 861–864. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2011.03989.x>
- Wilkerson, J. E., Batterton, D. L., & Horvath, S. M. (1977). Exercise-induced changes in blood ammonia levels in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 37(4), 255–263. <https://doi.org/10.1007/BF00430955>
- Wonisch, M., Hofmann, P., Fruhwald, F. M., Hoedl, R., Schwabegger, G., Pokan, R., Von Duvillard, S. P., & Klein, W. (2002). Effect of  $\beta$ 1-selective adrenergic blockade on maximal blood lactate steady state in healthy men. *European Journal of Applied Physiology*, 87(1), 66–71. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0595-3>
- Zhu, N., Suarez-Lopez, J. R., Sidney, S., Sternfeld, B., Schreiner, P. J., Carnethon, M. R., Lewis, C. E., Crow, R. S., Bouchard, C., Haskell, W. L., & Jacobs, D. R. (2010). Longitudinal examination of age-predicted symptom-limited exercise maximum HR. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(8), 1519–1527. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181cf8242>