



Lokaverkefni B.Sc. í íþróttافرæði

Samanburður á $VO_{2\max}$, hámarks mjólkursýru uppsöfnun í líkamanum og endurheimt hennar

-hjá Crossfitturum, hlaupurum og fótbolta iðkendum

Maí, 2022

Nafn nemanda: Jóhann Birnir Hyldahl Guðmundsson

Kennitala: 111298-2469

Leiðbeinendur: Unnbjörg Jóna Ómarsdóttir og Ingi Þór Einarsson

12 ECTS ritgerð til B.Sc prófs í íþróttافرæði

Útdráttur

Markmið rannsóknarinnar var að (i) bera saman karlkyns og kvenkyns hlaupara í $VO_{2\max}$ og mjólkursýru, (ii) bera saman kvenkyns hlaupara, crossfítara og fótbolta iðkendur.

Aðferð: Alls framkvæmdu 68 þátttakendur $VO_{2\max}$ og mjólkursýru mælingar. Þátttakendur skiptust í: 30 karlkyns hlauparar, 17 kvenkyns hlauparar, níu kvenkyns Crossfittarar og 12 kvenkyns fótbolta iðkendur. Niðurstöður voru greindar eftir (i) kyni fyrir hlaupara og (ii) eftir íþróttahópum fyrir konur.

Niðurstöður: Kvenkyns fótbolta iðkendur voru marktækilega yngri en aðrir kvennkyns íþróttahópar ($p < 0,05$). Karlkyns hlauparar voru marktækt hærri og þyngri þegar borið var saman við kvenkyns hlaupara ($p < 0,05$). Kvenkyns fótbolta iðkendur voru með marktækt hærri mjólkursýru samanborið við kvenkyns Crossfittara ($p < 0,05$). Karlkyns hlauparar voru með marktækt hærri $VO_{2\max}$ en kvenkyns hlaupara ($p < 0,05$). Kvenkyns fótbolta iðkendur og kvenkyns hlauparar höfðu marktækt hærri $VO_{2\max}$ en kvenkyns Crossfittarar ($p < 0,05$), einnig voru kvennkyns fótbolta iðkendur marktækt hærri í $VO_{2\max}$ samanborið við kvenkyns hlaupara ($p < 0,05$).

Ályktanir: Álykta má að kvenkyns fótbolta iðkendur hafa hæstu $VO_{2\max}$ gildi og hröðustu endurheimt á mjólkursýru í háákefðar þolprófi meðal prófaðra hópa. Einnig er hægt að áætla að kvenkyns fótbolta iðkendur hafa besta loftháða þolið, miðað við hópa sem voru prófaðir.

Formáli

Þessi ritgerð er 12 ECTS eininga lokaverkefni fyrir B.Sc. gráðu í íþróttافرæðum við íþróttافرæðideild við Háksólann í Reykjavík. Ástæða fyrir þessari ritgerð var að ég hef mikinn áhuga fyrir mælingum á íþróttafólki, greining á frammistöðu íþróttafólks og mælingu heilsu. Ég vil þakka Örnú Rún Jónsdóttir og Unnbjörgu Jónu Ómarsdóttir fyrir að gefa mér tækifæri að taka þátt í mælingum og gefa góð ráð.

Leiðbeinendur þessa verkefnisins voru Unnbjörgu Jónu Ómarsdóttir og Ingi Þór Einarsson og þakka þeim tveimur fyrir góða leiðsögn og stuðning. Einnig vill ég þakka kærustu minni Helgu Húnfjörð Jósepsdóttir fyrir alla leiðsögn, stuðning og þolinmæði sem hún hefur sýnt mér í gegnum þetta verkefni. Að lokum vill ég þakka fjölskyldu minni fyrir stuðning og þolinmæði í gegnum þetta verkefni.

Efnisyfirlit

Útdráttur	2
Formáli	3
Töfluskra	5
Inngangur	6
Fræðilegur kafli	7
Crossfit	7
Fótbolti.....	7
Hlaup	8
Orkukerfi líkamans.....	9
Lofffirt orkukerfi	9
Loftháða orkukerfi	10
Orkukerfi í íþróttum	11
Hlaup.....	11
Crossfit.....	11
Fótbolti	12
VO ₂ max, mjólkursýra, RER.....	12
Mjólkursýra.....	12
VO _{2max}	13
RER	14
Munur á körlum og konum í þolíþróttum	15
Áhrif aldurs á þol.....	16
Markmið.....	16
Aðferð.....	17
Þátttakendur	17
Mælitæki	17
Rannsóknarsnið.....	17
Framkvæmd	17
Úrvinnsla.....	18
Niðurstöður.....	19
Umræður	22
Heimildaskrá	26

Töfluskra

Tafla 1. meðal aldur, hæð og þyngd þátttakenda	19
Tafla 2. mjólkursýru á öllum stigum mælingar	20
Tafla 3. $VO_{2\max}$, hámarks RER og tíma við RER 1,0	21

Inngangur

Einn helsti áhrifaþáttur heilbrigðis á öllum æviskeiðum er hreyfing (*Hreyfing*, e.d.). Hvort sem fólk sé að hreyfa sig í íþróttum eða á eigin forsendum er alltaf mikilvægt að það sé gert á hverjum degi. Yfir 47.000 krakkar undir 17 ára aldri æfa íþróttir á Íslandi, af krökkum á 12 ára aldri stunda átta af hverjum tíu íþróttir með íþróttafélagi (*Íþróttir barna og unglinga*, e.d.). Embætti landlæknis talar um að börn og unglingar eiga að hreyfa sig í um 60 mínútur á dag og fullorðnir og eldra fólk eiga að hreyfa sig í um 30 mínútur á dag (*Hreyfiráðleggingar - Bæklingur*, e.d.). Á Íslandi er margt í boði sem tengist hreyfingu, hægt er að fara í göngutúra, hlaupa víðs vegar, fara í fjölda heilsurækta, Crossfit eða stunda bumbubolta með liði. Margir krakkar og unglingar æfa hópíþróttir, vinsælasta er fótþolti þar sem yfir 13.000 iðkendur 17 ára og yngri eru skráðir í KSÍ (*Tölfræði 2020*, e.d.). Alls eru yfir 147.000 iðkendur skráð í Íþróttá- og Ólympíusamband Íslands (*Tölfræði 2020*, e.d.).

Núna síðastliðin ár hafa margir, unglingar sem ungt fólk, farið að æfa Crossfit (Claudino o.fl., 2018). Crossfit er orðin heimsfræg íþrótt sem stofnað var árið 1995 af Greg Glassman (Glassman, 2006). Crossfit er byggt upp á háákefðar æfingar áætlun þar sem einstaklingar gera fjölbreyttar hreyfingar sem samanstanda af líkamsþyngdar æfingum, lyftingum, ólympískum lyftingum og fimleikum (Glassman, 2006). Til eru keppnir sem fólk tekur þátt í á heimsvísu eins og Crossfit Open þar sem einstaklingar keppast til að komast inn á Crossfit games sem er heimsmeistaramót í Crossfit (LLC, e.d.).

Hlaup er mjög vinsæl leið einstaklinga til að halda sér í formi þar sem hlaup er einföld og góð leið til að hreyfa sig. Á Íslandi eru fjölmargir sem keppa í hlaupum sem fara fram í gegnum Frjálsíþróttasamband Íslands (FRÍ) þar sem er hlaupið maraþon, 21km, 10km eða 5km sem haldið er hvert ár. Árlega eru maraþon eins og Reykjavíkur og Íslandsbanka maraþon haldin fyrir almenning til að hlaupa og keppast við bestu tímána (*Miðstöð upplýsinga og fróðleiks fyrir alla þá sem stunda hlaup*, e.d.).

Eins og sést samkvæmt tölfræði frá íþróttasamband Íslands eru margir sem stunda íþróttir hjá félögum á Íslandi eða tæplega helmingur íbúa (*Tölfræði 2020*, e.d.), en ekki er til tölfræði fyrir einstaklinga sem stunda heilsuræktar eða Crossfit þar sem þær æfingar eru ekki innan íþróttafélags.

Fræðilegur kafli

Crossfit

Crossfit er tiltölulega ný þjálfunar- og keppnisaðferð sem hefur nýlega stækkað um allan heim. Æfingar þess ná yfir mörg hreyfimyndur og eru gerðar af mikilli ákefð (Claudino o.fl., 2018). Þjálfun er skipulögð sem daglegar æfingar sem kallast „workouts of the day“ eða WOD. Þessar æfingar eru framkvæmdar með stuttum eða engum hvíldartíma og sameina æfingar og hreyfingar í formi hringrásar (Glassman, 2006). Markmið margra þessara æfinga er að klára á sem besta tíma eða að gera eins margar umferðir af æfingum á ákveðnum tímaramma (Mangine o.fl., 2018). Crossfit samanstendur af þrem meginflokkum æfinga. Fyrsti eru fimleikar, þar sem einstaklingur er að nota sína eigin þyngd til að framkvæma æfingar eins og upphíingar, kaðlaklifur, armbeygjur, líkamsþyngdar hnébeygjur, burpees, handstöðu ganga o.s.fv. Næst er æfingar sem reyna á efnahvarfagetu líkamans (e. metabolic conditioning) og hjarta- og æðakerfið eins og hlaup, róður, hjól eða sipp. Að lokum er lyftingar, sem samanstendur af ólympískum lyftum (snatch, clean, jerk), réttstöðulyftu, hnébeygju, eða pressu fyrir ofan haus með notkun á lyftingarstöngum, þungum boltum, eða öðrum lóðum (Maté-Muñoz o.fl., 2017). Hver Crossfit æfing er frábrugðin hinum þar sem áhersla á æfingum er breytileg degi eftir dag þar sem suma daga er meiri lyftingar og aðra daga eru æfingar sem aðrir sem reyna meiri á almennan líkamlegan styrk (Crossfit, e.d.). Þó svo að æfingar eru ólíkar hafa þær það sameiginlegt að æfingarnar þær eru framkvæmdar á mjög hárrí ákefð. Þar sem mikill fjölbreytileiki er á æfingum Crossfittara er áreynsla á öll þrjú orkukerfi líkamans og iðkendur íþróttarinnar einblína ekki á neitt eitt orkukerfi (Goins, 2014).

Fótbolti

Fótbolti er ein vinsælasta íþrótt í heimi þar sem yfir 265 milljón manns er skráðir sem núverandi leikmenn (Fifa, 2007). Knattspyrna er blandað af bæði hreyfingum sem eru framkvæmdar á hárrí ákefð og svo hreyfingar framkvæmdar á lágri ákefð (Di Salvo o.fl., 2009). Lífeðlisfræðilegar kröfur fótbolta krefjast þess að leikmenn séu hæfir í nokkrum líkamlegum þáttum, bæði loftfirrt og loftháð þol, vöðvastyrk, liðleika, hraða og snerpu (Svensson og Drust, 2005). Fótbolta er oftast lýst sem loftháð íþrótt sem inniheldur snöggrar háákefðar vinnu (Di Salvo o.fl., 2009). Iðkendur í fótbolta framkvæma mikinn

fjöldi hreyfinga þar sem hámarks aflmyndun er lykilatriði, eins og í skotum, stökkum, tæklingum, sprettum og hraðabreytingum (Pucsok o.fl., 2021).

Í fótbolta er mikilvægt að iðkenndur geta framkvæmt hámarks aflmyndun á skömmum tíma. Einstaklingar þurfa alltaf að vera tilbúnir að framkvæma hreyfingar hvort sem það séu sprettir, stökk, tæklingar eða samskonar hámarksafis hreyfingar (Taylor o.fl., 2017). Þar sem fótbolta samanstendur af miklum háhraða sprettum tóku (Taylor o.fl., 2017) að sér að skoða spretti framkvæmda af atvinnufótboltamönnum, fundið var að leikmenn voru að framkvæma allt frá 17 til 30 stutta sem langa spretti í hverjum leik (Pucsok o.fl., 2021). Hámarks hraði afreksfótboltamanna í sprettum er í kringum 25 km/klst en ekki er raunhæft að leikmenn hlaupa á þessum hraða hverja sekúndu af leiknum (Taylor o.fl., 2017). Háhraða hreyfingar eru einnig mikilvægar í fótbolta, samt sem áður eru sprettir sem ná hámarkshraða yfir stutta vegalengd eða upp í 30-35 km/klst sjaldgæfir, eða að meðaltali tvisvar sinnum í leik (Bradley o.fl., 2009). Hægt er að bera saman atvinnumenn í fótbolta við fótboltamenn sem spila í neðri deildum með að skoða færni þeirra í hámarksaflmyndun (t.d. sprettir og stökkgeta) í æsku, sýnt hefur verið fram að atvinnumenn í fótbolta eru betri á því sviði samanborið við fótboltamenn í neðri deildum (Ramirez-Campillo o.fl., 2014).

Hlaup

Tómstundarhlaup, þar sem hlaupið er í frítíma sýnum og með það markmið að koma sér í form, er ein vinsælasta íþrótt í dag um allan heim (van Iperen o.fl., 2020). Hlaup hefur marga kosti, fundið hefur verið að hlaup hjálpi við betri vellíðan, minnkar dauðslíkur vegna heilsuþætingu og auki lífsgleði (van Iperen o.fl., 2020). Hlaup er grundvallarform mannlegrar hreyfingar og er algengasta hreyfimynda í íþróttum (Foland o.fl., 2017). Moore (2016) greinir frá helstu kröfur hlaups sem eru hámarkssúrefnisupptaka, mjólkursýruþröskuldur og hlaupa hagkvæmni (e. *running economy*). Til eru nokkrar týpur af hlaupum, þar á meðal kapphlaup, götuhlaup, utanvegarhlaup og tómstundahlaup. Á ólympíuleikunum er keppt í kapphlaupum sem keppt er á íþróttavöllum eða í íþróttahúsum. Þær vegalengdir sem keppt er í eru 100 m, 200 m, og 400 m spretthlaup, millivegalengda hlaup sem eru 800 m, 1500 m og 3000 m svo koma langhlaup sem eru 5000 m og 10000 m (Casado o.fl., 2020). Algengasta hlaup sem er stundað út um allan

heim er götuhlaup þar sem einstaklingar hlaupa á götum og gangstéttum þar sem yfirborð er flatt og jafnt (Björklund o.fl., 2019), algengast er að keppa í 5 km, 10 km, 21,1 km og maraþoni (42,2 km) (IAAF, e.d.). Einnig er til hlaup eins og utanvegarhlaup (e. cross country running) þar sem keppendur eru að hlaupa á allskonar yfirborðum, algengast á grasi, mold og drullu, þar sem yfirborð er ójafnt eða hólótt (Esteve-Lanao o.fl., 2014).

Orkukerfi líkamans

Þol er geta líkamans til að haldið hárrí eða lárri ákefð yfir langan tíma (Bompa og Haff, 2009). Þol er skipt upp í tvennskonar flokka, loftfirrt og loftháð þol, og það er mismunandi milli íþróttar hvaða orkukerfi líkaminn stólar helst á (Bompa og Haff, 2009). Þörf líkamans til orkumyndunar gerir greinarmun á milli orkukerfanna. Loftfirrt orkukerfi búa til mikla orku á miðlungs til hámarks ákefðar æfingum eins og í 100 metra spretthlaupi eða á háákefðar crossfit æfingu. Oxunarkerfið útvegar orku fyrir æfingar sem krefjast litla til meðal háa ákefð eins og þegar einstaklingur er að hlaupa maraþon (Bompa og Haff, 2009). Helstu orkukerfin sem líkaminn notar eru þrjú, þau eru orkukerfin ATP-PCr og sykurofskerfið sem eru loftfirrt orkukerfi og oxunarkerfið sem er loftháð orkukerfi. Kolvetni, fita og, að mjög litlu magni, prótein eru helstu einingar sem líkaminn notar til orkumyndunar (Hawley og Hopkins, 1995).

Loftfirrt orkukerfi

Loftfirrt orkukerfið lýsir getu líkamans til að búa til og viðhalda orku í gegnum leiðir án oxunar til að styðja við efnaskiptaþörf á meðan hámarks ákefðaræfingu stendur (Armstrong og Welsman, 2020). Annað af loftfirrt orkukerfunum er ATP-PCr kerfið. ATP-PCr inniheldur þrjú grunnhvörf sem notuð eru við myndun á ATP. Vegna þess að breinagrindarvöðvarnir hafa takmarkaðar ATP birgðir þarf frekari efnahvörf til að viðhalda ATP aðgengi (Bompa og Haff, 2009). Byrgðir ATP í beinagrindsvöðvum klárast innan við 10 sekúndur þegar líkaminn framkvæmir háákefðar vinnu (Bompa og Haff, 2009). ADP-PCr kerfið er talið vera aðal orkan sem líkaminn notar við 100m spretti (Spencer o.fl., 2005) og eina endurtekningu af hámarks lyftu (Zuniga o.fl., 2012).

Sykurofskerfið (e. *glycolytic system*) er seinna loftfirrt orkukerfið og er aðal orkukerfið þegar vinna er framkvæmd í 20 sekúndur til um 2 mínútur (Bompa og Haff,

2009). Sykurrofskerfið fær nafnið sitt frá leið sinni til að mynda ATP, myndun ATP með sykurrofskerfinu kemur frá niðurbroti kolvetnis án notkun súrefnis (Hawley og Hopkins, 1995). Einnig er til loftháð sykurrof (e. *aerobic glycolytic system*) þar sem notað er súrefni til myndunar á orku (Hawley og Hopkins, 1995). Í byrjun orkumyndunar er meirihluti ATP framleiðslu komið frá hröðu sykurrofi (e. *fast glycolysis*) en þegar æfingaralag er orðið lengra og nær dregur 2 mínútum tekur hæg sykurrof (e. *slow glycolysis*) við og myndar megin magn ATP til notkunar (Bompa og Haff, 2009). 400m sprettthlaup er gott dæmi um notnun á sykurrofskerfinu sem aðal orkukerfi til orku myndunar þar sem spretturinn tekur um 60 til 90 sekúndur og einstaklingur þarf að halda ákveðnum takti vegna lengdar hlaups (Zouhal o.fl., 2010). Loftfirrt sykurrof leiðir til myndunar á mjólkursýru (Bompa og Haff, 2009). Þegar sykurrof á sér stað til lengri tíma getur hæfni líkamans til að umbreyta mjólkursýru í laktat skerst sem leiðir til uppsöfnunar á mjólkursýru í vöðvum sem getur leitt til þreytu og að lokum minni virkni í vöðvum (Bompa og Haff, 2009). Þegar magn blóð laktats er komið yfir 4 mmol^{-1} kallast það OBLA eða „onset of blood lactate accumulation“ (Chmura og Nazar, 2010). OBLA er ein af þeim þáttum sem notað hefur verið til að spá fyrir hæfni hjarta- og öndunarfæra (Henritze o.fl., 1985). Þegar einstaklingur líkur háákefðar æfingu þarf líkaminn að tíma til að endurnýja sykurrofs birgðir líkamans, þegar einstaklingur gefur líkamanum ekki nægan tíma til að endurnýja sykurrofs byrðir líkamans getur einstaklingur upplifað vöðvaslappleika, minni stöðuspennu kraftmyndun (e. isokinetic power) og minnkun í ísómetrískum styrk (Bompa og Haff, 2009). Full endurheimt á glýkógen birgðum tekur að meðaltali 20 til 24 klukkutíma eftir æfingu (Bompa og Haff, 2009).

Loftháða orkukerfi

Hreyfing sem varir lengur en 2 mínúta er að mestu knúið áfram af loftháða kerfinu sem notast við súrefni við niðurbrot lípíð (þríglýseríða, fitusýrur og ketóna) og að mjög litlu leiti prótein (Hawley og Hopkins, 1995). Einnig er notast við kolvetni í loftháða ferlinu en það ferli byrjar með oxunarefnaskiptum blóðsykurs og glýkógeni vöðva með glýkólýsu. Ef súrefni er til staðar í nægilegu magni breytist lokaafurð glýkólýsu, pýrúvat, ekki í laktat heldur er flutt í hvatberana, þar sem það er tekið upp í Krebs hringrásina (hæg glýkólýsa) og í kjölfarið kemst það í rafeindaflutningskeðju (e. *Electron transport chain*) til að búa til ATP frá ADP. Framleiðsla ATP meðan á þessu ferli stendur er kölluð oxandunarfosforun

(Kenney o.fl., 2012). Oxunarkerfið eða loftháða kerfið er aðal orkukerfið til myndunar á ATP fyrir vinnu sem endast í um 2 mínútur og að í kringum 3 klukkutíma, æfingar eins og millilengdar- og langhlaup sem eru 800 metrar eða lengri, hálf eða heil maraþon (Bompa og Haff, 2009).

Orkukerfi í íþróttum

Hlaup

Göruhlauparar vinna á svipuðum hraða og tempói yfir langar vegalengdir. Niðurstöður fyrri rannsókna gefa til kynna hlutfallslegt hátt framlag loftháðs orkukerfis eða um 96% af allri orkuframleiðslu við langhlaup, þetta sýnir mikilvægi oxunarefnaskipta fyrir heildarframmistöðu hlaupa (R. Duffield o.fl., 2004). Með þessu er hægt að áætla að loftháð framlag tengst þrek frammistöðu (e. *endurance performance*) vegna mikillar getu (heildarmagn tiltækrar orku) loftháðra efnaskipta til að endurmynda ATP, svo hægt er að fá það í miklu magni yfir langan tíma (Gastin, 2001). Í fyrri rannsókn sýndi Duffield að loftháð efnaskipti (e. *Aerobic metabolism*) voru helstu orkugjafi til hlaupara sem kepptu í 1500m og 3000m brautagreinum, þar sem loftháð framlag eykst eftir því sem vegalengd eykst (Rob Duffield o.fl., 2005).

Crossfit

Á Crossfit æfingum er æfingargerð fjölbreytt þar sem öll þrjú orkukerfin eru notuð. Hlutfallslegt framlag orkukerfanna til heildarorkuveitu fer eftir ákefðinni og lengd æfingar og einnig fer eftir heilbrigði einstaklings (Zuniga o.fl., 2012). Dæmi um æfingar sem vinna á sitthvor orkukerfi eru eins og hámarks lyfta í einhverri æfingu með einni endurtekningu reynir aðallega á ATP-PCr orkukerfið (Zuniga o.fl., 2012). Æfingar sem byggjast á EMOM (every minute on the minute) þar sem einstaklingur gerir einhverjar æfingar á hverri mínútu og fá kvíld restina af mínútunni til að hvíla, byggist á lofffirtra sykurofs kerfinu í þar sem æfingar taka um það bil 20-40 sekúndur til að klára (Bompa og Haff, 2009). Æfingar sem byggjast á æfingarforminu AMRAP (as many rounds as possible) er stöðugt æfingaralag í allt frá 5-30 mínútum, með þess er hægt að áætla að loftháða orkukerfið er aðal orkugjafi líkamans á þeim tíma (Bompa og Haff, 2009).

Fótbolti

Fyrir atvinnumenn í fótbolta er að meðaltali heildar háákefðar vinna sem framkvæmd er í leik í um 7 mínútur. Á þessum tíma eru að meðaltali 19 háákefðar sprettir sem varir að meðaltali í 2,0 sekúndur (Bangsbo o.fl., 1991). Þar sem háákefða vinna varir í einungis 2,0 sekúndur notar líkaminn ATP-PCr til orkumyndunar (Bompa og Haff, 2009). Með loftháðri orkumyndun er 90% af allri orkumyndun í leik (Bangsbo, 1994). Samt sem áður spilar loftfirrt orkumyndun mikinn þátt í leik fótbolta iðkanda (Bangsbo, 1994).

VO₂ max, mjólkursýra, RER

Mjólkursýra

Mjólkursýru myndun hefst fyrst við loftháða vinnu í litlu magni en tímapunkturinn þar sem hún eykst með miklu magni kallast það mjólkursýruþröskuldur. Hann táknar tilfærslu frá loftháðum orkukerfis forða yfir í loftfirrtan orkukerfis forða með auknu æfingar álagi (Bompa og Haff, 2009). Í heilbrigðum einstakling er hvíldar mjólkursýra á bilinu 0,5 – 1,5 mmól/L (Burtis og Bruns, 2014). Í óþjálfuðum einstaklingum kemur mjólkursýruþröskuldur fram á bilinu 50% til 60% af hámarks súrefnisupptöku (VO₂ max), en hjá einstaklingum sem æfa þolþjálfun kemur mjólkursýruþröskuldur fram í allt að 80% af hámarks súrefnisupptöku (VO₂ max) (Bompa og Haff, 2009). Það hefur sýnt sig að hjá atvinnumönnum í þolíþrótt kemur mjólkursýruþröskuldurinn fram á bilinu 83% til 93% af hámarks hjartsláttartíðni (Bompa og Haff, 2009). Mjólkursýra er oftast mæld í millimólum á hvern lítra af blóði (mmol/L) (Bakker o.fl., 2013).

Mjólkursýru endurheimt er geta líkamans til að vinna að mestu leiti úr laktati í vöðvum (Bakker o.fl., 2013). Uppsöfnun laktat í vöðvum í þjálfun geta valdið vöðvaþreytu og getur verið hamlandi fyrir vöðvasamdrátt vöðva sem vinna háákefðar vinnu (Dodd o.fl., 1984). Sýnt hefur verið fram á að virk endurheimtunar æfingar sé betri til losunar á laktati í blóði frekar en óvirk endurheimtunar æfingar (eins og teygjur og að slaka á) (Menzies o.fl., 2010). Í grein sem gerð var að Stamford o.fl segir að helsta leið til að losa laktat úr blóð eftir háákefðar æfingu sé endurheimtunar æfingar á miðlungs- til háákefðar vinnuálagi í 5-7 mínútur fylgt eftir af léttri vinnu vöðvans út restina af endurheimtunar

tímanum (Stamford o.fl., 1981). Helsta ástæðan fyrir þessu fyrirkomulagi er því það þarf að halda háu blóðflæði til vinnandi vöðva snemma í endurheimtunar tímarammanum svo möguleiki sé á losun laktats úr vöðvafrumum út í blóðið (Stamford o.fl., 1981).

Í fyrri rannsóknum þar sem álíka háákefðar próf var sett upp fannst að mjólkursýra fótboltafólks beint eftir próf getur verið á bilinu 10-13 mmól/L (Froese og Houston, 1987; Santos-Silva o.fl., 2017; Öztürk o.fl., 1998). Fyrri rannsóknir hafa skoðað einstaklinga sem stunda afreks þolíþróttir (hlaup, hjól og þríþraut) þar sem keppt er annaðhvort innlent eða alþjóðlegt þar sem skoðað var hámarkssúrefnis upptöku, skoðað var konur og karla, skoðað var mjólkursýru í líkamanum beint eftir próf fannst að konur eru með $6,9 \pm 1,7$ mmól/L og karlar eru með $7,6 \pm 1,6$ mmól/L (Knechtle o.fl., 2004). Í fyrri rannsókn var skoðað mjólkursýru í líkamanum hjá afreks Crossfitturum þar sem sex umferðir af háákefðar æfingum sem tóku um 15 mín hvor fannst að mjólkursýra beint eftir próf hjá körlum og konum var á bilinu 5,4 – 13,0 mmól/L eða að meðaltali $9,4 \pm 2,3$ mmól/L (Feito o.fl., 2019). Einnig var áhugavert var að einstaklingar í rannsókn Feito o.fl. (2019) fengu sjö mínútna hvíldartíma eftir að hafa framkvæmt allar æfingarnar og mjólkursýra jókst upp í $11,5 \pm 2,5$ mmól/L að meðaltali fyrir karlar og konur.

VO_{2max}

Hámarkssúrefnisupptaka eða VO_{2max} hefur verið notuð til að skoða hæfni hjarta- og öndunarfæra (Henritze o.fl., 1985). Hámarkssúrefnisupptaka sem mæling á loftháðri getu hefur verið skilgreint sem alþjóðlegur staðall af líkamlegri getu (Fleg o.fl., 2000). Hámarkssúrefnisupptaka er algengast mæld í ml x kg⁻¹ x min⁻¹ eða millilítrar af súrefnis notkun á einni mínútu á hvert kílógramm líkamspýngdar en til eru fleiri mælingar fyrir hámarkssúrefnisupptöku (Speechly o.fl., 1996). Venjulegir og óþjálfaðir 18 til 22 ára einstaklingar eru að meðaltali með hámarkssúrefnisupptöku gildin 38 til 42 ml x kg⁻¹ x min⁻¹ fyrir konur og 44 til 50 ml x kg⁻¹ x min⁻¹ fyrir karla (Kenney o.fl., 2012). Þegar fólk eldist minnkar geta einstaklings á loftháðu þoli. Í heilbrigðum einstaklingum á aldrinum 35 ára til 65-70 ára minnkar geta á loftháðu þoli um 6% til 8% fyrir hvern áratug sem líður (Reaburn og Dascombe, 2009). Fundið hefur verið að kyn, heildarvöðvamassi, vöðvagerðir, líkamspjálfun, súrefnisupptökukerfi og erfðir hafi allt áhrif á loftfirra getu einstaklings (Fleg o.fl., 2000; Reaburn og Dascombe, 2009).

Fyrri rannsóknir hafa skoðað einstaklinga sem stunda afreks þolíþróttir (hlaup, hjól og þríbraut) þar sem keppt er annaðhvort innlent eða alþjóðlegt þar sem skoðað var hámarkssúrefnis upptöku, skoðað var konur og karla, konur voru með að meðaltali 52,8 í $VO_{2\max}$ (ml x kg⁻¹ x min⁻¹) og karlar voru með 61,4 í $VO_{2\max}$ (ml x kg⁻¹ x min⁻¹) að meðaltali (Knechtle o.fl., 2004). Fyrri rannsóknir sem taka fótbolta iðkendur fyrir tala um að bil sem atvinnumenn í fótbolta ættu að vera á bilinu 60-75 í $VO_{2\max}$ (ml x kg⁻¹ x min⁻¹) (Bangsbo, 1994). Í rannsókn þar sem skoða var afreks crossfittara sem framkvæmdu 15 mínútna háákefða æfingu sex sinnum með litla hvíld á milli þar sem skoðað var $VO_{2\max}$, í þeirri rannsókn voru karlar á bilinu 31,8 – 39,5 í $VO_{2\max}$ (ml x kg⁻¹ x min⁻¹) og konur voru með á bilinu 31,4 – 39,1 í $VO_{2\max}$ (ml x kg⁻¹ x min⁻¹) (Feito o.fl., 2019).

Helsta vandamálið við að mæla hámarkssúrefnisupptöku er að eina leiðin sem er samþykkt er að gera mælingar sem þarf að eiga sér stað á rannsóknarstofu (Ranković o.fl., 2010). Á rannsóknarstofunni þarf að nota grímu til að mæla súrefnis upptöku og koltvíoxíð útöndun. Annaðhvort er hlaupið á hlaupabretti eða hjólað á æfingar hjóli þar sem hægt er að hækka ákefð á vissum tímum. Þróað hefur verið margar tegundir prófana til að mæla hámarkssúrefnisupptöku, dæmi um slíka er uppstigs próf („step test“), til mælingar á mörgum einstaklingum þar sem fylgst er með hjartslættinum til að meta hámarkssúrefnisupptöku, en það eru óstöðluð próf þar sem prófið uppfyllir ekki helstu kröfur fyrir óbeint mat á loftháðri getu (Ranković o.fl., 2010).

RER

Öndunarstuðull (e. *Respiratory Exchange Ratio*, RER) er reiknað með hlutfalli koltvíoxíð framleiðslu á móti súrefnisupptöku (Ramos-Jiménez o.fl., 2008). Hátt RER, yfir 1.0, gildi gefur það til kynna að einstaklingur sé aðallega að brenna kolvetni sem orkugjafa og ef RER stuðull er lágur, undir 0.9, gefur það til kynna að lípíð sé notað sem megin orkugjafi (Ramos-Jiménez o.fl., 2008). Fyrir meðal manneskju er RER í kringum 0.8 þegar einstaklingurinn er við hvíld en þetta getur breyst með mataræði eða öðrum þáttum (Kenney o.fl., 2012). Á meðan einstaklingur er undir álagi fer stuðullinn jafnt og þétt hækkanði og nær hámarki í kringum 1.2 (Kenney o.fl., 2012). Þegar RER er í 1 er

einstaklingur kominn að sínum loftfirra þröskuldi þar sem líkaminn fer að nota sykrur sem orkugjafa og byrjar að mynda mjólkursýru (Kenney o.fl., 2012).

Munur á körlum og konum í þolíþróttum

Konur hafa að meðaltali 15-25% lærrí hámarkssúrefnisupptöku heldur en karlar, en þegar tekið er hlutfall á líkamsþyngdar lækkar bilið á milli kvenna og karla niður í 5-15% (Cureton o.fl., 1986; Drinkwater, 1973). Þegar skoðað er hámarkssúrefnisupptöku miðað við líkamsþyngd minnkar munurinn á hámarkssúrefnisupptöku sem gefur til kynna að líkamsþyngd gegni mikilvægu hlutverki í mun á körlum og konum. Venjulega eru konur léttari en karlar Perez-Gomez o.fl. (2008) og hafa að meðaltali í kringum 10% lærrí vöðvamassa heldur en karlar (Maud og Shultz, 1986). Einnig hafa konur mismunandi dreifingu á vöðvamassa heldur en karlar vegna hæðar mismunar, þar sem karlar eru að meðaltali hærri en konur (Janssen o.fl., 2000). Meðal loftháð aflmyndun hækkar með aukinum vöðvamassa (Perez-Gomez o.fl., 2008). Aukning á loftháðu afli með aukningu á vöðvamassa er sú sama hjá körlum og konum (Perez-Gomez o.fl., 2008). Þar sem vöðvar eru mestu súrefnisneytandinn á meðan æfingu stendur Lumb (2017) er meiri vöðvamassi hjá körlum að hluta ábyrgðar fyrir hærri hámarkssúrefnisupptöku samanborið við konur.

Með að auka annaðhvort hjartsláttartíðni eða slagmagn eykst kolsýringur (CO). Í hvíld er CO (l/mín) hærri hjá körlum en konum en ef tekið er tillit til líkamsþyngdar finnst enginn munur á milli kynjanna (Zavorsky o.fl., 2014). Einnig finnst ekki munur á hjartsláttar tíðni í hvíld á milli kynja (Wiebe o.fl., 1998). Þegar skoðað er hámarkssúrefnisupptöku miðað við líkamsþyngd getur munurinn á milli kynjanna minnkað frá 15-25% niður í 5-10% en samt sem áður er munur (Cureton o.fl., 1986; Drinkwater, 1973). Eina mögulega ástæðan fyrir mun á kynjunum er takmörkun á súrefnisflutningsgetu blóðsins (Diaz-Canestro o.fl., 2022). Súrefni er flutt til starfandi vöðva í blóði með því að bindast járnsameind (e. *Iron molecule*) blóðrauðaeiningu (e. *hemoglobin*) í blóðfrumu (e. *blood cell*) (Kenney o.fl., 2012). Að meðaltali hafa konur lægri blóðrauðapéttni (e. *hemoglobin concentration*) heldur en karlar (McArdle o.fl., 2010). Þegar lækkað er blóðrauðugildi karla niður í svipað magn og kvenna, með blóðtöku, dregur verulega úr heildaræfingartíma og súrefnisnotkun. Þessi minnkun á blóðrauðu lækkar gildi karla niður í magn blóðrauðu kvenna (Cureton o.fl., 1986). Niðurstöður úr

rannsókn Cureton(1986) gefur til kynna að lág þéttni á blauðrauðu í konum takmarki súrefnis aðgengi sem lækkar loftfirrtu getu.

Áhrif aldurs á þol

Minnkun á vöðvastyrk og loftháðri getu eru á meðal áhrifamestu lífeðlisfræðilegu breytinga sem verða á öldrunarferlinu þegar er tekið tillit til lífsgæða og stafræns sjálfstæðis, mælt sem hámarkssúrefnis notkun ($VO_{2\max}$). Fjöldi rannsókna hafa sýnt fram á lækkun á $VO_{2\max}$ um 5% til 10% á áratug hjá óþjálfuðum einstaklingum (Buskirk og Hodgson, 1987; Heath o.fl., 1981). Loftháð þol hjá þjálfuðum einstaklingum lækkar um 3% til 6% á hverjum áratug frá aldrinum 20-30 ára (Fleg o.fl., 2005). Þótt aldur í sjálfu sér sé talinn stuðla að þessari hnignun eykur aldurstengd lækkun á háákefðar líkamlegri hreyfingu (Ogawa o.fl., 1992) og vöðvamassa (Volpi o.fl., 2004). Fundið hefur verið að lækkun verður á hámarkssúrefnisupptöku við kyrrsetu lífsstíl um 8,7% hjá körlum (Wilson og Tanaka, 2000) og 10% hjá konum (Fitzgerald o.fl., 1997). Þegar borið er saman fólk sem er að eldast sem stundar þolþjálfun og fólk sem stundar kyrrsetu sést meiri lækkun á hámarkssúrefnisupptöku hjá fólki sem stundar þolfjálfun, það getur stafað út frá því að einstaklingar sem stunda þolþjálfun hafa hærri gildi á yngri aldri heldur en fólk sem lifir kyrrsetu lífsstíl (Fitzgerald o.fl., 1997).

Markmið

Markmið þessarar rannsóknar var að bera saman $VO_{2\max}$ og mjólkursýru hjá karlkyns og kvenkyns hlaupurum. Einnig var borið saman kvenkyns hlauparar, kvenkyns crossfitara og kvenkyns fótbolta iðkendur saman. Borið var saman $VO_{2\max}$, hámarks mjólkursýru uppsöfnun í líkamanum og endurheimt hennar eftir háákefðar þolpróf.

Aðferð

Þátttakendur

Þátttakendur rannsóknarinnar voru Crossfitarar, hlauparar og fótboltafólk á aldrinum 18-50 ára. Meðalaldur kvenna sem stundaði Crossfit var $33,7 \pm 10,5$ ára. Meðalaldur karla sem stundaði hlaup var $36,9 \pm 8,3$ ár og $36,5 \pm 9,2$ ár hjá konum. Meðalaldur kvenna sem stundaði fótbolta $21,7 \pm 3,9$ ár. Heildarfjöldi þátttakenda var 68 talsins, þar af 30 karlkyns hlauparar, 17 kvenkyns hlauparar, níu kvenkyns Crossfittarar og 12 kvenkyns fótbolta iðkendur. Þessir hópar íþróttafólks voru valdir vegna mismunar á ákefðarstigi á bæði æfingum og keppnum.

Mælitæki

Hæð þátttakenda var mæld með hæðamæli. Hæðin var mæld í sentimetrum með skekkjumörk upp á ± 1 mm. Þátttakendur voru mæld var þátttakendur á vigt í kílógrömmum með skekkjumörk upp á ± 50 g. Mælitæki af gerðinni PNOË var notaður við mælingu á hámarkssúrefnisupptöku ásamt RER. Tengt var PNOË við spjaldtölvu með „Bluetooth“ of fylgst var með súrefnisupptöku og RER í gegnum spjaldtölvuna. Þátttakendur hlupu á hlaupabretti af gerðinni Schiller MTM-1500 með. Mjólkursýrumælir af gerðinni Lactate Pro 2 var notaður og sýnir mælirinn sýrustig í blóði (mmól/L).

Rannsóknarsnið

Notast var við meginlega rannsóknaraðferð við gerð þessarar rannsóknar. Gerð rannsóknarinnar var lýsandi þversniðs rannsókn þar sem frumbreytur mínar voru $VO_{2\max}$ og mjólkursýra þar sem fylgibreytur mínar voru tegund íþrotta (Hlauparar, Crossfit og fótbolti).

Framkvæmd

Framkvæmd mælinga átti sér stað í íþróttarannsóknastofu í Háskólanum í Reykjavík. Mælingarnar fóru fram á tveimur tímabilum, annarsvegar 17. febrúar til 6. Mars 2021 og hinsvegar 12. til 26. október árið 2021. Mæling hvers þátttakenda tók um eina klukkustund. Í byrjun voru hæð og þyngd þátttakenda mæld. Næst var hvíldar mjólkursýra einstakling. Að því loknu var hámarkssúrefnis upptakamæld. Þegar þátttakendurnir voru tilbúinir að taka prófið var PNOË gríman mátuð á einstakling. Næst var framkvæmd

Þriggja mínútna upphitun á hlaupabretti á 5 km/klst hraðanum. Þegar upphitun lauk var aftur tekin mæling á mjólkursýru áður en prófið byrjaði. Prófið er stigvaxandi hámarkspróf framkvæmd á hlaupabretti. Þegar prófið er byrjað er hlaupið á 8 km/klst á 1% halla. Þar á eftir var hraði hlaupabrettis aukinn um 2 km/klst og hlaupið á hverjum hraða í tvær mínútur á hlaupabrettinu. Ef þátttakandi náði að hlaupa í tvær mínútur á 16 km/klst var hætt að auka hraðan og halli brettis aukinn um 2% í staðin. Mjólkursýra var síðan mælt strax eftir prófið og sex mínútum eftir prófið.

Úrvinnsla

Í rannsókninni var notast við meginlegar rannsóknaraðferðir þar sem öllum tölfræðilegum gögnum var safnað sama og voru þau skráð niður. Gögn voru skráð niður í forritið Google Docs. Gögnin voru íþrótt (Crossfit, hlaup eða fótbolti), aldur, hæð, þyngd, mjólkursýra í hvíld, mjólkursýra eftir upphitun, mjólkursýra beint eftir próf, mjólkursýra sex mínútum eftir próf, VO_{2max} . Gögnin voru færð frá Google Docs yfir í forrit sem heitir SPSS. Í SPSS var reiknað T-próf (e. *Independant sample T-test*) til að reikna marktækan mun og töflur teiknaðar fyrir lýsandi tölfræði með meðaltali og staðalfrávikis. Með lýsandi tölfræðigögnum úr SPSS voru gerðar töflur í Microsoft Word.

Niðurstöður

Lýsandi tölfræði

Alls voru 68 einstaklingar sem tóku þátt í rannsókninni. Þátttakendur æfa Crossfit, fótbolta eða hlaup. Heildarfjöldi þátttakenda var 68 talsins, þar af 30 karlar og 17 konum sem stunda hlaup, níu konur sem stunda Crossfit og 12 konur sem stunda fótbolta. Marktækur munur fannt á milli aldurs þegar borið var saman kvenkyns fótbolta iðkendur og kvenkyns Crossfit, ($t(21)= 3,65$, $p < 0,05$). Kvenkyns Crossfittarar voru að meðaltali 12,0 árum eldri heldur en fótbolta iðkendur og marktækur munur var á aldri kvenkyns Crossfittara og kvenkyns fótbolta iðkennda ($t(19)= 3,7$, $p < 0,05$). Kvenkyns hlauparar voru að meðaltali 14,8 árum eldri en kvenkyns fótbolta iðkendur og fannst marktækur munur þar á milli, ($t(27)= 5,3$, $p < 0,05$).

Tafla 1. meðal aldur, hæð og þyngd þátttakenda

Sýnir meðal aldur, hæð og þyngd þátttakenda

	Hlaup (karlar) (hkk) n=30	Hlaup (konur) (hkvk) n=17	Crossfit (c) n=9	Fótbolti (f) n=12	Sig. Diff.
Aldur	36,9 ± 8,3	36,5 ± 9,2 *	33,7 ± 10,5 *	21,7 ± 7,1 *	f < hkvk,c
Hæð (cm)	182,1 ± 5,7 *	167,0 ± 5,7 *	168,3 ± 5,4	167,0 ± 6,2	hkvk<hkk
Þyngd (kg)	81,5 ± 7,9 *	65,0 ± 8,6 *	66,1 ± 3,2	62,4 ± 7,1	hkvk<hkk

* $p < 0,05$

Tafla 1 sýnir að karla hlauparar eru að meðaltali 16,5 kg þyngri en kvenna hlauparar og marktækur munur fannst á milli þessara hópa ($t(45)=6,7$, $p < 0,05$). Karla hlauparar voru einnig að meðaltali 15,1 cm hærrí heldur en kvenna hlauparar og fannst marktækur munur þar á milli þar ($t(45)=8,6$, $p < 0,05$).

Tafla 2. mjólkursýru á öllum stigum mælingar

Sýnir mjólkursýru á öllum stigum mælingar

	Hlaup (karlar) (hkk) n=30	Hlaup (Konur) (hkvk) n=17	Crossfit (c) n=9	Fótbolti (f) n=12	Sig. Diff.
Mjólkursýra í hvíld (mmól/L)	2,7 ± 1,3	3,1 ± 1,0	2,7 ± 1,9	4,0 ± 2,5	
Mjólkursýra eftir upphitun (mmól/L)	3,4 ± 1,7	4,0 ± 3,9	3,9 ± 3,3	4,3 ± 2,9	
Mjólkursýra eftir próf (mmól/L)	9,7 ± 3,3	9,6 ± 5,4	9,9 ± 2,7 *	13,3 ± 3,6 *	c < f
Mjólkursýra 6 mín eftir próf (mmól/L)	8,9 ± 3,4	7,5 ± 3,2	10,1 ± 3,8	9,6 ± 3,7	

* p<0,05

Tafla 2 sýnir að marktækur munur fannst á mjólkursýru eftir próf hjá Crossfitturum og fótbolta iðkenndum ($t(18)=-2,3$, $p<0,05$). Ekki fannst marktækur munur á mjólkursýru á milli karla hlaupurum og kvenna hlaupurum. Ekki fannst marktækur munur á mjólkursýru milli kvenna hlaupurum og kvenna Crossfitturum. Ekki fannst marktækur munur á mjólkursýru hjá hlaupurum og fótbolta iðkenndum.

Tafla 3. VO_2 max, hámarks RER og tíma við RER 1,0

Sýnir VO_2 max, hámarks RER og tíma við RER 1,0

	Hlaup (karlar) (hkk) n=30	Hlaup (Konur) (hkvk) n=17	Crossfit (c) n=9	Fótbolti (f) n=12	Sig. Diff.
VO_2 max (ml/kg/mín)	61,9 ± 9,7 *	52,1 ± 7,1 *	46,3 ± 4,5 *	60,2 ± 4,7 *	hkvk, c < f c < hkvk hkvk < hkk
Hámarks RER	1,19 ± 0,11	1,15 ± 0,11 *	1,25 ± 0,11 *	1,17 ± 0,9	hkvk < c
Tími við RER 1,0 (sek)	663,3 ± 119,1 *	534,9 ± 123,2 *	551,2 ± 90,7	632,4 ± 87,4 *	hkvk < hkk, f

* $p < 0,05$

Tafla 3 sýnar að marktækur munur var á VO_2 max hjá karla hlaupurum og kvenna hlaupurum ($t(42) = 3,6$, $p < 0,05$). Marktækur munur fannst á VO_2 max á milli kvenna hlaupurum og Crossfitturum ($t(23) = 2,2$, $p < 0,05$). Marktækur munur fannst á VO_2 max á milli kvenkyns Crossfitturum og kvenkyns fótbolta iðkenndum ($t(19) = -6,8$, $p < 0,05$).

Marktækur munur fannst þar sem karlkyns hlauparar voru mun lengur að ná upp í RER 1,0 heldur en kvenkyns hlauparar ($t(41) = 3,37$, $p < 0,05$). Þegar borið var saman kvenkyns hlaupara og kvenkyns crossfittara var hámarks RER marktækt hærri hjá kvenkyns hlaupurum ($t(23) = -2,2$, $p < 0,05$). Marktækur munur fannst á tíma við RER 1,0 hjá kvenkyns hlaupurum og kvenkyns fótbolta iðkenndum ($t(26) = -2,1$, $p < 0,05$).

Umræður

Markmið þessarar rannsóknar var að bera saman $VO_{2\max}$ og mjólkursýru hjá karlkyns og kvenkyns hlaupurum. Einnig var borið saman kvenkyns hlaupara, kvenkyns crossfittara og kvenkyns fótbolta iðkendur. Borið var saman $VO_{2\max}$, hámarks mjólkursýru uppsöfnun í líkamanum og endurheimt hennar eftir háákefðar þolpróf. Helstu niðurstöður sýndu að karla hlauparar voru bæði þyngri og hærri heldur en kvenkyns hlauparar sem er áætlað að karlar séu þegar kemur að líkamsbyggingu. Fyrri rannsóknir sýna sambærilegar niðurstöður (Janssen o.fl., 2000; Perez-Gomez o.fl., 2008).

Áhugavert var að sjá að kvenkyns Crossfittarar var eini hópurinn sem var með hækkandi mjólkursýru sex mínútum eftir að prófinu lauk sem bendir til að kvenkyns Crossfittarar eru ekki jafn góðir að hreinsa út mjólkursýru úr líkamanum. Mjólkursýra beint eftir próf hjá karlkyns hlaupurum var um $9,7 \pm 3,3$ mmól/L, sem er töluvert hærri en fundið hefur verið í sambærilegum rannsóknum eins og hjá Knechtle o.fl. (2004) þar sem karlar voru einungis með að meðaltali $7,6 \pm 1,6$ mmól/L, sem er töluvert lægra. Möguleg ástæða fyrir mismuninum var að í rannsókn Knechtle o.fl. (2004) voru einstaklingar sem keppa innanlands í stórmótum eða í alþjóðlegum keppnum og stunda íþrótt sína með meiri ákefð og hafa verið að stunda íþróttina lengur. Einnig var munur á milli kvenkyns hlaupara og niðurstöðum Knechtle o.fl (2004) þar sem konur mældust með $6,9 \pm 1,7$ mmól/L beint eftir próf en kvenkyns hlauparar í þessari rannsókn voru með $9,6 \pm 5,4$ mmól/L beint eftir próf. Alveg eins og hjá karlkyns hlaupurunum er helsta ástæða fyrir muninum að einstaklingar hjá Knechtle o.fl. (2004) eru afreksfólk í sinni íþrótt. Kvenkyns Crossfittarar voru með $9,9 \pm 2,7$ mmól/L í mjólkursýru beint eftir próf sem eru sambæranlegar tölur við Feito o.fl (2019) þar sem meðal mjólkursýra beint eftir öll prófin var $9,42 \pm 2,8$ mmól/L. Kvenkyns fótbolta iðkendur voru með $13,3 \pm 3,6$ mmól/L í mjólkursýru beint eftir próf sem er sambæranlegt við niðurstöður annarra rannsókna þar sem mjólkursýra var á bilinu 10 – 13 mmól/L eftir próf (Froese og Houston, 1987; Santos-Silva o.fl., 2017; Öztürk o.fl., 1998). Kvenkyns fótbolta iðkendur voru með marktækt hærri mjólkursýru eftir próf þegar borið var saman við kvenkyns Crossfittara en voru með mestu hlutfallslega lækkun á mjólkursýru á meðal kvenna. Þetta kemur ekki á óvart þar sem kvenkyns fótboltafólk notast meira við loftfirra sykurofskerfið heldur en til dæmis hlauparar og líkaminn er því vanari að vinna úr miklu magni af mjólkursýru (Bangsbo, 1994; R. Duffield o.fl., 2004).

Einnig var áhugavert að kvenkyns fótbolta iðkendur eru með háa hvíldar mjólkursýru sem er hægt að tengja við stress eða spennu.

Karlkyns hlauparar voru með marktækt hærri $VO_2 \text{ max}$ heldur en kvenkyns hlauparar, þetta kemur ekki á óvart þar sem karlar eru að meðaltali með hærri $VO_2 \text{ max}$ (Kenney o.fl., 2012). Fundið hefur verið að aukinn vöðvamassi skili hærri $VO_2 \text{ max}$ gildi (Perez-Gomez o.fl., 2008). Helsta ástæða fyrir mun á $VO_2 \text{ max}$ hjá karlkyns hlaupurum er að karlkyns hlauparar eru mun þyngri en kvenkyns hlauparar og bera meiri vöðvamassa í kjölfarið, vegna hærri líkamsþyngdar eru karlkyns hlauparar með hærri $VO_2 \text{ max}$ en konur (Cureton o.fl., 1986; Drinkwater, 1973; Lumb, 2017; Perez-Gomez o.fl., 2008). Þegar skoðað er $VO_2 \text{ max}$ út frá líkamsþyngd sést lítill sem enginn munur á milli karlkyns hlaupara og kvenkyns hlaupara. Þegar skoðað er hlutfall á $VO_2 \text{ max}$ og líkamsþyngdar ($VO_2 \text{ max}/\text{líkamsþyngd}$) kemur fram að kvenkyns hlauparar eru með 0,80 í stuðul og karlkyns hlauparar eru með 0,76 í stuðul, þetta bendir til að kvenkyns hlauparar eru hlutfallslega betri en karlkyns hlauparar í $VO_2 \text{ max}$ þegar tekið er tillit til líkamsþyngdar eins og fyrri rannsóknir hafa bent til (Perez-Gomez o.fl., 2008). Kvenkyns fótbolta iðkendur voru marktækilega hærri í $VO_2 \text{ max}$ heldur en bæði kvenkyns hlauparar og kvenkyns Crossfittarar sem kemur ekki á óvart þar sem kvenkyns fótbolta iðkendur eru bæði yngri og eru vanari að vinna í hærri ákefð til lengri tíma. Möguleg skýring á miklum mun á $VO_2 \text{ max}$ er vegna aldursmunar á fótbolta iðkendum, þar sem kvenkyns Crossfittarar og kvenkyns hlauparar eru mun eldri heldur en kvenkyns fótbolta iðkendur sem getur haft áhrif á hámarkssýrefnisupptöku einstaklings (Fitzgerald o.fl., 1997; Fleg o.fl., 2005). Fótbolti vinnur með öll orkukerfin með mikla áherslu á loftháða orkukerfið (Bangsbo, 1994). Þar sem kvenkyns fótbolta iðkendur eru vanar háákefðar hlaupum bæði á æfingum og í leikjum (Pucsok o.fl., 2021; Taylor o.fl., 2017) og hafa fótbolta iðkendur ákveðið forskot á bæði kvenkyns hlaupara og kvenkyns Crossfittara. Hlauparar eru vanari að vinna í lægra ákefðarstigi yfir lengri tíma heldur en bæði fótbolta iðkendur og Crossfittarar þar sem aðstæður breytast ekki eins mikið og hjá fótbolta iðkendum og Crossfitturum (Goins, 2014; Taylor o.fl., 2017). Crossfittarar vinna lítið sem ekkert með langhlaup þar sem æfing þeirra stendur yfir í um klukkutíma og þeir blanda frekar stuttum hlaupum inn í æfingar heldur en heilar æfingar byggðar í kringum hlaup (Maté-Muñoz o.fl., 2017).

Kvenkyns Crossfittarar voru með marktækt hærra RER við lok prófs heldur en kvenkyns hlauparar sem bendir til að Crossfittarar geta unnið lengur þegar þó magn koltvíoxíð hækkar við æfingar lengd á loftfirra orkukerfinu eftir að loftháðum þröskuldi hefur verið náð (Ramos-Jiménez o.fl., 2008).

Karlkyns hlauparar voru marktækt lengur að ná upp í RER 1,0 heldur en kvenkyns hlauparar, þetta gefur til kynna að karlkyns hlauparar geta unnið lengur í loftháða orkukerfinu áður en loftháða þröskuldi er náð (Kenney o.fl., 2012). Einnig var marktækur munur á milli kvenkyns fótbolta iðkendum og kvenkyns hlaupurum þar sem kvenkyns fótbolta iðkendum eru mun lengur að ná upp í RER 1,0. Þetta bendir til að kvenkyns hlauparar eru ekki með jafn gott loftháð þol eins og karlkyns hlauparar og kvenkyns fótbolta iðkendum þegar æfingar ákefð er hækkuð.

Rannsóknin inniheldur góðann fjölda einstaklinga þar sem hægt er að nota tölur til að finna marktækan mun á milli íþróttahópa. Margar mælingar voru gerðar á þessum einstaklingum sem gefur okkur góða innsýn í heilbrigði einstaklings. Styrkleikar rannsóknarinnar eru þeir að mælingar fóru fram í stöðluðu umhverfi og niðurstöður voru áreiðanlegar. Alls voru 68 manns sem tóku þátt en 30 einstaklingar voru karlkyns hlauparar sem er 44,1 % af heildarþátttöku rannsóknarinnar. Að bera saman fótbolta, hlaup og Crossfit var mjög áhugavert þar sem þetta eru allar mjög vinsælar íþróttagreinar sem margir í heiminum stunda. Áhugavert var að bera saman svo fjölbreyttar íþróttir þar sem kröfur fyrir hverja og eina íþrótt er mismunandi. Í framkvæmd rannsókna voru upphaflega tveir karlkyns Crossfittarar og tveir karlkyns fótbolta iðkendum, ekki var nógu góð þátttaka í þeim hópum því voru þeir teknir úr rannsókninni þar sem ekki var hægt að finna marktækan mun. Upphaflega var hugmynd rannsóknarinnar að bera saman $VO_{2\max}$ og mjólkursýru milli íþróttta með tilliti til kyns. Þar sem fjöldi þátttakenda í hópi karlkyns hlaupara var svo há hefði verið óæskilegt að henda þeim gögnum úr rannsókninni svo bornir voru saman karlkyns og kvenkyns hlauparar til að nýta gögnin. Einnig hefði verið æskilegt að hafa alla þátttakendur á svipuðum aldri þar sem hár aldur getur haft áhrif á niðurstöður rannsóknarinnar.

Frá niðurstöðum rannsóknarinnar er hægt að álykta að kvenkyns fótbolta iðkendum hafa hæstu $VO_{2\max}$ gildi og hröðustu endurheimt á mjólkursýru í háákefðar þolprófi meðal

prófaðra kvenkynshópa. Einnig hafa kvenkyns fótbolta iðkendum besta loftháða þolið miðað við uppsetningu þolprófs meðal kvenna, þar sem þær vinna lengst á loftháða orkukerfinu áður en skipting verður yfir í sykurofs orkukerfið við RER 1,0. Kvenkyns Crossfittarar voru með lágsta $VO_{2\max}$ sem kemur ekki á óvart þar sem hlaup er ekki stór partur af æfingarátun Crossfits, Crossfit einbeitir sér meira af lyftingum og öðrum æfingum og stuðlar ekki að góða hlaupaformi.

Áhugavert væri ef framkvæmd yrði sambærleg rannsókn í framtíðinni þar sem úrtak þátttakenda yrði stórt, jafn fjöldi þátttakenda í hverjum hóp og þeir á svipuðum aldri. Einnig væri áhugavert að skoða karlkyns fótbolta iðkendum og karlkyns Crossfittara og bera þá saman við karlkyns hlaupara og skoða hvort munurinn sé svipaður hjá körlum og konum.

Heimildaskrá

- Armstrong, N. og Welsman, J. (2020). The development of aerobic and anaerobic fitness with reference to youth athletes. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 2(4), 275–286. <https://doi.org/10.1007/s42978-020-00070-5>
- Bakker, J., Nijsten, M. W. og Jansen, T. C. (2013). Clinical use of lactate monitoring in critically ill patients. *Annals of Intensive Care*, 3, 12. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-3-12>
- Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, 12 Spec No, S5-12.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L. og Thorsø, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16(2), 110–116.
- Björklund, G., Swarén, M., Born, D.-P. og Stöggl, T. (2019). Biomechanical Adaptations and Performance Indicators in Short Trail Running. *Frontiers in Physiology*, 10, 506. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00506>
- Bompa, T. O. og Haff, G. (2009). *Periodization: theory and methodology of training* (5. útg.). Human Kinetics.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P. og Krustup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- Burtis, C. A. og Bruns, D. E. (2014). *Tietz fundamentals of clinical chemistry and molecular diagnostics* (7. útg.). Elsevier Health Sciences.
- Buskirk, E. R. og Hodgson, J. L. (1987). Age and aerobic power: the rate of change in men and women. *Federation Proceedings*, 46(5), 1824–1829.
- Casado, A., Renfree, A., Maroto-Sánchez, B. og Hanley, B. (2020). Individual performances relative to season bests in major track running championship races are distance-, position- and sex-dependent. *European Journal of Human Movement*, 44, 146–161. <https://doi.org/10.21134/eurjhm.2020.44.526>
- Chmura, J. og Nazar, K. (2010). Parallel changes in the onset of blood lactate accumulation (OBLA) and threshold of psychomotor performance deterioration during incremental exercise after training in athletes. *International Journal of*

- Psychophysiology*, 75(3), 287–290.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.12.011>
- Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. de S., Miranda, R. C., Mezêncio, B., Soncin, R., Cardoso Filho, C. A., Bottaro, M., Hernandez, A. J., Amadio, A. C. og Serrão, J. C. (2018). Crossfit overview: systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0124-5>
- Crossfit. (e.d.). *What Is CrossFit?* Sótt 27. apríl 2022, af <https://www.crossfit.com/what-is-crossfit/>
- Cureton, K., Bishop, P., Hutchinson, P., Newland, H., Vickery, S. og Zwiren, L. (1986). Sex difference in maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(6), 656–660.
<https://doi.org/10.1007/BF00943356>
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P. og Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in premier league soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(03), 205–212. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105950>
- Diaz-Canestro, C., Pentz, B., Sehgal, A. og Montero, D. (2022). Sex differences in cardiorespiratory fitness are explained by blood volume and oxygen carrying capacity. *Cardiovascular Research*, 118(1), 334–343.
<https://doi.org/10.1093/cvr/cvab028>
- Dodd, S., Powers, S. K., Callender, T. og Brooks, E. (1984). Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise. *Journal of Applied Physiology*, 57(5), 1462–1465. <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.57.5.1462>
- Drinkwater, B. L. (1973). Physiological responses of women to exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 1, 125–153.
- Duffield, R., Dawson, B. og Goodman, C. (2004). Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(3), 302–313. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(04\)80025-2](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(04)80025-2)
- Duffield, Rob, Dawson, B. og Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 993–1002.
<https://doi.org/10.1080/02640410400021963>

- Esteve-Lanao, J., Larumbe-Zabala, E., Dabab, A., Alcocer-Gamboa, A. og Ahumada, F. (2014). Running world cross-country championships: a unique model for pacing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 1000–1005. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0457>
- Feito, Y., Giardina, M. J., Butcher, S. og Mangine, G. T. (2019). Repeated anaerobic tests predict performance among a group of advanced CrossFit-trained athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(7), 727–735. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0509>
- Fifa. (2007). *FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football*. <https://digitalhub.fifa.com/m/55621f9fdc8ea7b4/original/mzid0qmguixkcmruvema-pdf.pdf>
- Fitzgerald, M. D., Tanaka, H., Tran, Z. V. og Seals, D. R. (1997). Age-related declines in maximal aerobic capacity in regularly exercising vs. sedentary women: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 83(1), 160–165. <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.83.1.160>
- Fleg, J. L., Morrell, C. H., Bos, A. G., Brant, L. J., Talbot, L. A., Wright, J. G. og Lakatta, E. G. (2005). Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, 112(5), 674–682. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.545459>
- Fleg, J. L., Piña, I. L., Balady, G. J., Chaitman, B. R., Fletcher, B., Lavie, C., Limacher, M. C., Stein, R. A., Williams, M. og Bazzarre, T. (2000). Assessment of functional capacity in clinical and research applications. *Circulation*, 102(13), 1591–1597. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.102.13.1591>
- Foland, J. P., Allen, S. J., Black, M. I., Handsaker, J. C. og Forrester, S. E. (2017). Running technique is an important component of running economy and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(7), 1412–1423. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001245>
- Froese, E. A. og Houston, M. E. (1987). Performance during the wingate anaerobic test and muscle morphology in males and females. *International Journal of Sports Medicine*, 08(1), 35–39. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025637>

- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(10), 725–741.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>
- Glassman, G. (2006). A theoretical template for Crossfit's programming. *Crossfit Journal Articles*, 6, 1–5.
- Goins, J. M. (2014). Physiological and performance effects of crossfit [Doktorsritgerð, The University of Alabama]. Í *ProQuest Dissertations and Theses*. ProQuest Dissertations Publishing.
<https://www.proquest.com/docview/1537388694/abstract/520A0DEF109643B2PQ/1>
- Hawley, J. A. og Hopkins, W. G. (1995). Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power systems: a new paradigm with implications for endurance and ultraendurance events. *Sports Medicine*, 19(4), 240–250. <https://doi.org/10.2165/00007256-199519040-00002>
- Heath, G. W., Hagberg, J. M., Ehsani, A. A. og Holloszy, J. O. (1981). A physiological comparison of young and older endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, 51(3), 634–640. <https://doi.org/10.1152/jappl.1981.51.3.634>
- Henritze, J., Weltman, A., Schurrer, R. L. og Barlow, K. (1985). Effects of training at and above the lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(1), 84–88. <https://doi.org/10.1007/BF00426304>
- Hreyfing. (e.d.). Sótt 1. mars 2022, af <https://www.landlaeknir.is/heilsa-og-lidan/hreyfing/>
- Hreyfiráðleggingar - Bæklingur. (e.d.). Sótt 1. mars 2022, af https://www.landlaeknir.is/servlet/file/store93/item11179/NM30399_hreyfiradleggingar_baeklingur_lores_net.pdf
- IAAF. (e.d.). Sótt 3. mars 2022, af <https://www.worldathletics.org/>
- Íþróttir barna og unglínga. (e.d.). Sótt 1. mars 2022, af <https://www.isi.is/fraedsla/ithrottir-barna-og-unglinga/>
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. og Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 81–88. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.81>

- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., Costill, D. L. og Wilmore, J. H. (2012). *Physiology of sport and exercise* (5th ed). Human Kinetics.
- Knechtle, B., Mueller, G., Willmann, F., Kotteck, K., Eser, P. og Knecht, H. (2004). Fat oxidation in men and women endurance athletes in running and cycling. *International journal of sports medicine*, 25, 38–44. <https://doi.org/10.1055/s-2003-45232>
- LLC, C. (e.d.). *2022 CrossFit Games Season Guidelines*. Sótt 1. mars 2022, af <https://games.crossfit.com/article/2022-crossfit-games-season-details>
- Lumb, A. B. (2017). Exercise. Í *Nunn's Applied Respiratory Physiology* (bls. 227-234.e1). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-6294-0.00013-7>
- Mangine, G. T., Cebulla, B. og Feito, Y. (2018). Normative values for self-reported benchmark workout scores in crossfit® practitioners. *Sports Medicine - Open*, 4(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0156-x>
- Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., García-Fernández, P., Garnacho-Castaño, M. V. og Domínguez, R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLoS One*, 12(7), e0181855. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0181855>
- Maud, P. J. og Shultz, B. B. (1986). Gender comparisons in anaerobic power and anaerobic capacity tests. *British Journal of Sports Medicine*, 20(2), 51–54. <https://doi.org/10.1136/bjism.20.2.51>
- McArdle, W. D., Katch, F. I. og Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Menzies, P., Menzies, C., McIntyre, L., Paterson, P., Wilson, J. og Kemi, O. J. (2010). Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *Journal of Sports Sciences*, 28(9), 975–982. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.481721>
- Miðstöð upplýsinga og fróðleiks fyrir alla þá sem stunda hlaup.* (e.d.). Sótt 1. mars 2022, af <https://hlaup.is/>
- Moore, I. S. (2016). Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(6), 793–807. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0474-4>

- Ogawa, T., Spina, R. J., Martin, W. H., Kohrt, W. M., Schechtman, K. B., Holloszy, J. O. og Ehsani, A. A. (1992). Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*, *86*(2), 494–503.
<https://doi.org/10.1161/01.CIR.86.2.494>
- Perez-Gomez, J., Rodriguez, G. V., Ara, I., Olmedillas, H., Chavarren, J., González-Henriquez, J. J., Dorado, C. og Calbet, J. A. L. (2008). Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *European Journal of Applied Physiology*, *102*(6), 685–694. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0648-8>
- Pucsok, J. M., Kovács, M., Ráthonyi, G., Pocsai, B. og Balogh, L. (2021). The impact of covid-19 lockdown on agility, explosive power, and speed-endurance capacity in youth soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(18). <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18189604>
- Ramirez-Campillo, R., Andrade, D. C., Alvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Báez-Sanmartín, E., Silva-Urra, J., Burgos, C. og Izquierdo, M. (2014). The effects of intersset rest on adaptation to 7 weeks of explosive training in young soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, *13*(2), 287–296.
- Ramos-Jiménez, A., Hernández-Torres, R. P., Torres-Durán, P. V., Romero-Gonzalez, J., Mascher, D., Posadas-Romero, C. og Juárez-Oropeza, M. A. (2008). The respiratory exchange ratio is associated with fitness indicators both in trained and untrained men: a possible application for people with reduced exercise tolerance. *Clinical medicine. Circulatory, respiratory and pulmonary medicine*, *2*, CCRPM.S449. <https://doi.org/10.4137/CCRPM.S449>
- Ranković, G., Mutavdžić, V., Toskić, D., Preljević, A., Kocić, M., Nedin-Ranković, G. og Damjanović, N. (2010). Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, *10*(1), 44–48.
- Reaburn, P. og Dascombe, B. (2009). Anaerobic performance in masters athletes. *European Review of Aging and Physical Activity*, *6*(1), 39.
<https://doi.org/10.1007/s11556-008-0041-6>
- Santos-Silva, P., Pedrinelli, A. og Greve, J. (2017). Blood lactate and oxygen consumption in soccer players: comparison between different positions on the field. *Medical Express*, *4*. <https://doi.org/10.5935/MedicalExpress.2017.01.02>

- Speechly, D. P., Taylor, S. R. og Rogers, G. G. (1996). Differences in ultra-endurance exercise in performance-matched male and female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(3), 359–365.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B. og Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025–1044. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535120-00003>
- Stamford, B. A., Weltman, A., Moffatt, R. og Sady, S. (1981). Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 51(4), 840–844. <https://doi.org/10.1152/jappl.1981.51.4.840>
- Svensson, M. og Drust, B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 601–618. <https://doi.org/10.1080/02640410400021294>
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A. og Marmon, A. R. (2017). Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(12), 2533–2551. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0772-5>
- Tölfræði 2020. (e.d.). Sótt 1. mars 2022, af <https://www.isi.is/um-isi/utgafa/myndraen-tolfraedi/2020/>
- van Iperen, L. P., de Jonge, J., Gevers, J. M. P. og Vos, S. B. (2020). Running-related demands and vigor in long-distance runners: The moderating role of resources and recovery. *Current Psychology*. <https://doi.org/10.1007/s12144-020-00866-2>
- Volpi, E., Nazemi, R. og Fujita, S. (2004). Muscle tissue changes with aging. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 7(4), 405–410.
- Wiebe, C. G., Gledhill, N., Warburton, D. E., Jamnik, V. K. og Ferguson, S. (1998). Exercise cardiac function in endurance-trained males versus females. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 8(4), 272–279. <https://doi.org/10.1097/00042752-199810000-00004>
- Wilson, T. M. og Tanaka, H. (2000). Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 278(3), H829–H834. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2000.278.3.H829>

- Zavorsky, G. S., Tesler, J., Rucker, J., Fedorko, L., Duffin, J. og Fisher, J. A. (2014). Rates of carbon monoxide elimination in males and females. *Physiological Reports*, 2(12), e12237. <https://doi.org/10.14814/phy2.12237>
- Zouhal, H., Jabbour, G., Jacob, C., Duvigneau, D., Botcazou, M., Ben Abderrahaman, A., Prioux, J. og Moussa, E. (2010). Anaerobic and Aerobic Energy System Contribution to 400-m Flat and 400-m Hurdles Track Running. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2309–2315. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e31287>
- Zuniga, J. M., Housh, T. J., Camic, C. L., Hendrix, C. R., Mielke, M., Johnson, G. O., Housh, D. J. og Schmidt, R. J. (2012). The Effects of Creatine Monohydrate Loading on Anaerobic Performance and One-Repetition Maximum Strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1651–1656. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318234eba1>
- Öztürk, M., Ozer, M. og Gökçe, E. (1998). Evaluation of blood lactate in young men after wingate anaerobic power test. *Eastern Journal of Medicine*, 3, 13–16.