

EMNE: IKF210 – Bacheloroppgåve i idrett og kroppsøving

«Hvilken effekt kan maksimal styrketrening, eksplosiv styrketrening, sprinttrening og en kombinasjon av styrketrening og sprint gi på en utholdenhetsprestasjon under mellom-langdistanse?»

Hvilke ulike faktorer kan påvirke effekten treningsmetodene har på en utholdenhetsprestasjon?

En Meta-analyse av moderat til godt trente utøvere

Peder Kolberg

Studium: Bachelor i idrett og kroppsøving

Tal ord: 9505



FORORD

I startprosessen av bachelorarbeidet hadde vi et ønske om å gjennomføre et eget forskningsarbeid på en ønsket målgruppe. På grunn av covid-19 restriksjonene følte vi at det ble for usikkert å gjennomføre denne metoden, og valget falt da på å lage en Meta-analyse. Forskningsrapporter viser til at det å trene plyometrisk/eksplosivt, maksimal styrketrening og sprinttrening vil øke en utholdenhetsprestasjon, men hvilken effekt de ulike metodene har på utholdenhetsprestasjonen er noe vi ønsker å undersøke nærmere. I tillegg vil vi se nærmere på hva som kan påvirke de ulike effektstørrelsene som resultatene fremviser til.

Vi vil gjerne takke alle lærere og støttespillere igjennom denne oppgaven. Spesielt vil vi takke Kjetil Høydal som har vært utrolig flink og dyktig i form av veiledning og gode innspill til oppgaven. Til slutt vil vi takke Høyskolen i Volda for tre lærerike og fine studieår. Dette er minner og kunnskap vi kommer til å ta med oss resten av livet. Ha en god fornøyelse med lesingen!

Innholdsfortegnelse

<i>Sammendrag</i>	4
<i>Innledning</i>	6
<i>1.0 Teori</i>	8
1.1 Hva påvirker en utholdenhetsprestasjon? De fysiologiske faktorene	8
1.1.2 Hva er VO₂max og hvorfor er VO₂max viktig i en utholdenhetsprestasjon?	9
1.1.3 Hva er Laktat-terskel og hvorfor er Laktat-terskel viktig i en utholdenhetsprestasjon?	10
1.1.4 Hva er Arbeidsøkonomi og hvorfor er arbeidsøkonomi viktig i en utholdenhetsprestasjon?	11
1.2 Hva er maksimal styrketrening og hvorfor er det viktig i en utholdenhetsprestasjon?	12
1.2.1 Hva er plyometrisk og eksplosiv styrketrening og hvorfor er det viktig i en utholdenhetsprestasjon?	13
1.3 Viktigheten av en god anaerob løpskapasitet og muskulær kraft «muscle power»...	15
1.3.1 Hva er spesifisitetstrening og hvorfor er det viktig i en utholdenhetsprestasjon?	16
1.3.2 Hva er anbefalt frekvens og volum for at styrketrening skal gi en positiv effekt på en utholdenhetsprestasjon?	17
1.3.3 Adaptasjoner fra styrketrening, sprinttrening og effekter det kan gi på arbeidsøkonomien.	18
<i>2.0 Metoden av Meta-analysen</i>	21
2.1 Litteratur utvelgelsen	21
2.2 Statistisk analyse	23

3.0 Resultater	24
3.1 Studie utvelgelsen	24
3.2 Deltakernes og studienes karaktertrekk	26
3.3 Treningsprogrammernes karaktertrekk	29
3.4 Effekten på utholdenhetstestenes ytelsestid	33
4.0 Diskusjon	41
4.1 Effekten av de ulike treningsintervensjonene	41
4.2 Faktorer som kan påvirke ES i de ulike studiene	49
4.3 Begrensninger	53
5.0 Konklusjon og videre forskning	54
Bibliografi	55

Sammendrag

Formål

I senere tid har det blitt bevist at utøvere kan øke sin utholdenhetsprestasjon ved å benytte seg plyometrisk/eksplosiv trening, maksimal styrketrening og sprinttrening. Målet med denne Meta-analysen er å se hva slags effekt disse metodene utgjør på en utholdenhetsprestasjon under mellom- og langdistanse løp, og se hvilke ulike faktorer som kan påvirke utfallet for effekten treningsmetodene har på en utholdenhetsprestasjon.

Metode

Denne Meta-analysen inkluderer studier som benyttet seg av plyometrisk/eksplosiv, maksimal styrke, og sprinttrening i et intervensjonsprogram for moderat-godt trente utøvere sett ut ifra maksimalt oksygenopptak (VO₂max) verdier. Artikkene ble identifisert i databasene Pub Med og Google Scholar, hvorav 10 artikler møtte rette inklusjonskriterier. To av artiklene inneholdt en 10000 meter ytelsestest, men ble allikevel inkludert fordi de var relevante. Effektstørrelsene (ES) ble beregnet ved hjelp av en nettbasert ES kalkulator. ES var basert på forandringer i tid på utholdenhetstestene i mellom -og langdistanse før og etter gjennomført intervensjonsprogram. 6 forskjellige ES ble laget: En samlet ES fra alle artikler. To ES for utøverne som var moderat og godt trente sett ut ifra VO₂ max verdier. Tre ES for intervensjonsgruppene som trente plyometrisk/eksplosivt, maksimal styrke og for de som trente sprint/sprint+styrke/en kombinasjon av eksplosiv og maksimal styrke.

Resultat

Denne Meta-Analysen fremviser at det å trene plyometrisk/eksplosivt, maksimal styrke og sprinttrening gir en samlet stor effekt på utholdenhetsprestasjonen for moderat til godt trente utøvere i alderen 18-40 år. De ulike intervensjonsprogrammene som ble benyttet fremviste en varierende ES, derav effekten ble størst ved de studiene som enten kombinerte plyometrisk og maksimal styrketrening, eller som benyttet seg av sprinttrening/sprint+styrketrening.

Konklusjon

Meta-analysen fremviser en stor effekt av å trene plyometrisk trening, maksimal styrketrening og sprinttrening. Intervensjonsgruppene som trente en kombinasjon av plyometrisk/eksplosiv og maksimal styrketrening eller sprinttrening/sprint og styrketrening i en kombinasjon ga best effekt. Videre studier trenger å gjennomføre en lignende type forskning på unge, kvinner og eldre mennesker. I tillegg til å gjennomføre en lignende Meta-analyse over en lengre periode for å fremme mer statistisk styrke når man skal undersøke den effekten en lengre treningsperiode med disse ulike treningsmetodene har på en utholdenhetsprestasjon.

Innledning

For at en utholdenhetsutøver skal kunne oppnå et best mulig resultat på en utholdenhetsprestasjon er det tre fysiologiske faktorer som er avgjørende: VO₂max, arbeidsøkonomi (AØ) og laktat terskel (LT) (Bassett Jr. & Howley, 2000, s. 77-81). Langdistanse løpere på høyt internasjonalt nivå pleier å vanligvis øke sin aerobe kapasitet med hjelp av to hovedmetoder: stort treningsvolum hvor mesteparten av treningen utføres med lav intensitet (60-75% av VO₂ max), eller mindre mengde med en større andel av treningen utført med (80-85% av VO₂ Max). Utøvere som har benyttet seg av disse modellene under sitt treningsregime har hatt en stor suksess på en utholdenhetsprestasjon (Tjelta, Enoksen, & Tønnessen, 2013, s. 188-189).

Det har også vist seg at styrketrening gir gode resultater på en utholdenhetsprestasjon (Støren, Helgerud, Støa, & Hoff, 2008, s. 1087). Å trene styrke forbedrer arbeidsøkonomi og laktat-terskel (Støren et al., 2008; Hoff, Gran, & Helgerud., 2002; Mikkola et al., 2011).

Styrketrening gir bedre arbeidsøkonomi igjennom blant annet lavere metabolske krav, nevralt tilpasninger, fibertypeendringer eller bedre utnyttning av elastisk energi (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010, s. 219-222). Det finnes ulike måter å trene styrketrening på, utøvere kan for eksempel trene plyometrisk/eksplosivt eller maksimal styrke (Raastad et al., 2010, s. 15). Studier har bevist at disse styrketreningsmetodene øker utholdenhetsprestasjonen (Hoff et al., 2002; Ramirez-Campillo, et al., 2014). I tillegg har det å trene høy-intensitet sprinttrening også økt en utholdenhetsprestasjon på mellom-langdistanse (Bangsbo, Gunnarsson, Wendell, Nybo, & Thomasen, 2009, s. 1771).

På bakgrunn av at ulike studier har fremvist at plyometrisk/eksplosiv, maksimal styrketrening og sprinttrening vil gi en god effekt på en utholdenhetsprestasjon er det allikevel usikkert om hvilken effekt det utgjør på en utholdenhetsprestasjon når man sammenligner disse metodene opp mot hverandre. Det kan for eksempel være at en kombinasjon av disse metodene gir høyere effekt eller om en metode alene gir bedre effekt. Metodene kan være flere og svaret på hvordan effekten av disse metodene vil ha på en utholdenhetsprestasjon vil forhåpentligvis hjelpe utøvere og trenere med å optimalisere og forbedre en utholdenhetsprestasjon når de får en klarere forståelse av hva slags effekt de gir og hvorfor.

Problemstilling: «Hvilken effekt kan maksimal styrketrening, eksplosiv styrketrening, sprinttrening og en kombinasjon av styrketrening og sprint gi på en utholdenhetsprestasjon under mellom-langdistanse?»

Hvilke ulike faktorer kan påvirke effekten treningsmetodene har på en utholdenhetsprestasjon?

For å spisse problemstillingen ytterligere valgte vi å inkludere moderat-godt trente utøvere sett ut ifra V02 Max verdier i Meta-analysen.

1.0 Teori

1.1 Hva påvirker en utholdenhetsprestasjon? De fysiologiske faktorene

Innenfor idretter som sykling, langrenn og løping vil en persons utholdenhet ha stor betydning for prestasjonsutfallet. Ordet utholdenhet beskrives som «Organismens evne til å arbeide med relativt høy intensitet over lengre tide» (Tjelta et al., 2013, s. 187).

Blant de fysiologiske faktorene er det spesielt tre faktorer som avgjør hvor god en utholdenhetsprestasjon kan bli. Disse faktorene består av VO₂max, arbeidsøkonomien (AØ) og Laktat-terskelen (LT) (Bassett Jr. & Howley, 2000, s. 77-81).

1.1.2 Hva er VO₂max og hvorfor er VO₂max viktig i en utholdenhetsprestasjon?

VO₂max beskrives som en kvalitativ måling av en persons kapasitet for aerob ATP-syntese (McArdle, Katch, & Katch, 2014, s. 166). Adenosintrifosfat (ATP) står for energitilførselen til alle cellers energikrevende prosesser (McArdle et al., 2014, s. 134). VO₂max beskriver hvor godt en person kan opprettholde en høy intensitet som varer lengere enn 4-5 minutter, som kan oftest måles ved å for eksempel løpe i en bratt motbakke (McArdle et al., 2014, s. 165). Måleenheten for VO₂max er ml*kg⁻¹*min⁻¹ (milliliter per kg legemesvekt per minutt) (Dahl, 2005, s. 168). Det maksimale oksygenopptaket (VO₂max) er den viktigste faktoren for å kunne lykkes under utholdenhetsidretter. VO₂max blir sett på som selve gullstandarden når man trenger et objektivt mål for å se hvilken kondisjon eller fysisk kapasitet en person har (Dahl, 2005, s. 168).

En utøvers VO₂max avhenger av hastigheten til ATP-produksjonen som kan opprettholdes under et distanseløp, selv om utøver ikke løper på 100% av VO₂max. Graden av ATP-produksjon er avhengig av oksygenopptaket (mL*kg⁻¹*min⁻¹) som kan holdes konstant under selve løpet som igjen er avhengig av personens VO₂max og prosenten av VO₂max (Bassett Jr & Howley, 2000, s. 78). Viktigheten av å ha en god VO₂max under mellom-distanse har studier bevist. Blant annet så har studier sett at hvis mannlige 1500-meter løpere skal forbedre sin prestasjon fra 250 til 240 sekunder må VO₂max økes ifra 3.81 til 4.28 L*min⁻¹ (Ingham, et al., 2007, s. 345).

1.1.3 Hva er Laktat-terskel og hvorfor er Laktat-terskel viktig i en utholdenhetsprestasjon?

Laktat-terskel (LT) beskrives som den høyeste konsentrasjonen av oksygen tilførsel eller ved en aktivitetsintensitet oppnådd med mindre enn 1.0 mM økning i blodlaktat konsentrasjon over før-aktivitetsnivået. Blodlaktat konsentrasjonen er ofte uttrykt i millimol(mM) per liter av hele blodvolumet, eller som mg(milligram) per desiliter av hele blodvolumet, og også beskrevet som volum prosent(vol%) (McArdle et al., 2014, s. 291). Laktat-terskelen er det nivået hvor det oppstår en ubalanse mellom laktatproduksjon og eliminasjon som resulterer i mer opphoping av laktat i blodet (McArdle et al., 2014, s. 294).

Under for eksempel lett og moderat aktivitet (50 % aerob kapasitet) produseres og elimineres like mye laktat i blodet og oksygentilførselen møter også energikravet (McArdle et al., 2014, s. 162). Begrepet OBLA er når blodlaktat konsentrasjonen systematisk økes til 4.0mM og på dette nivået oppnås terskelverdien av laktatet (McArdle et al., 2014, s. 292). Spesielt er det mange trenere som bruker laktat-terskelen, altså nivået 4.0mM som et verktøy for å optimalisere treningsintensitet under aerob trening (McArdle et al., 2014, s. 483).

Det er store individuelle forhold som skiller hvor laktat-terskelen ligger på forskjellige trente personer. Laktatterskelnivået hos godt trente utholdenhetsutøvere kan ligge på 80-90% av sin aerobe metabolisme. Dette skyldes ofte utøverens genetikk (type muskelfiber og muskelblod gjennomstrømming i kroppen), spesielle treningsadaptasjoner som resulterer i mindre laktatproduksjon og bedre laktateliminasjon på hvilken som helst intensitet under fysisk aktivitet (McArdle et al., 2014, s. 163).

En godt utviklet laktat-terskel vil medføre at utøveren kommer lengre ut i løpet før oksyngjeld inntreffer. Dette vil være svært fordelaktig siden da kan utøvere med en god utviklet laktat-terskel komme inn i slutfasen av et løp med mindre laktatnivåer enn konkurrentene. Blant annet så har Ingrid Kristiansen slått spurtkanoner som Marcia Puica i raske 3000 meter løp på grunn av hennes godt utviklet laktat-terskel (Tjelta et al., 2013, s. 80).

1.1.4 Hva er Arbeidsøkonomi og hvorfor er arbeidsøkonomi viktig i en utholdenhetsprestasjon?

Arbeidsøkonomi (AØ) defineres som en utøvers stabile oksygenopptak på en submaksimal belastning og innenfor løping defineres denne formen for løpsøkonomi (LØ). Begrepet «løpsøkonomi» brukes som oftest til å beskrive det oksygenopptaket som trengs for å løpe en gitt hastighet. Dette kan vises ut ifra å sammenligne oksygenopptaket ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) oppimot løpshastigheten ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) (Bassett Jr. & Howley, 2000, s. 78). Ved god arbeidsøkonomi har en utøver et lite energiforbruk på submaksimale arbeidsbelastninger (Tjelta et al., 2013, s. 27).

Allerede i 1930 så forskere at på en gitt fart mellom forskjellige løpere, så var det ulikheter i oksygenforbruket til hver enkelt. De fant ut at løperne som hadde den beste arbeidsøkonomien vil komme raskere til mål. En bedret arbeidsøkonomi betyr at løpere kan holde en høyere løpshastighet over en gitt distanse (Tjelta et al., 2013, s. 27). I en studie gjennomført av Di Prampero (2003) ble det bevist hvor stor betydning arbeidsøkonomien kan ha på en utholdenhetsprestasjon. En 5% bedret arbeidsøkonomi vil bedre prestasjonen i et langdistanseløp med 3,8% noe som kan være forskjellen på en topplassing eller ikke. Dette

viser hvor stor betydning arbeidsøkonomien kan ha på prestasjonen og kan forklare oss hvorfor løpere med samme maksimale oksygenopptak V_{O2max} presterer ulikt (Tjelta et al., 2013, s. 28). Intensiteten på trening vil til en viss grad påvirke arbeidsøkonomien, selv om den er lite spesifikk når det kommer til hastighet i løpingen. Dette betyr at lav intensitet på trening også bedrer arbeidsøkonomien under høyere løpehastighet, og motsatt (Tjelta et al., 2013, s. 28).

1.2 Hva er maksimal styrketrening og hvorfor er det viktig i en utholdenhetsprestasjon?

Maksimal styrketrening er trening som har den hensikt å øke vår evne til maksimal kraftutvikling enten ved rene maksimale isometriske muskelaksjoner, eller langsomme bevegelser. Dette er trening der motstanden er så stor at vi normalt bare klarer 1-12 rep i serien før vi når utmattelse, men for godt trent er tradisjonen for trening av maksimal styrke at motstanden er så stor at en klarer bare 1-6 rep per serie. Maksimal styrketrening blir definert med motstander vi klarer opptil 12 rep i serien, fordi den maksimale styrken blir påvirket i meget stor grad når vi løfter med lettere motstand. Seriene anbefales å være 4-8 hos trent, mens utrente kan ha fra 1-3 serier. Pausene anbefales å være mer enn 3 minutt og frekvensen per uke kan ligge på 2-3 ganger i uka (Raastad et al., ss. 14,123).

Ulike forskere mener at denne økte styrken en får fra maksimal styrketrening fører til høyere mekanisk effektivitet og bedre rekrutteringsmønster av de motoriske enhetene. De motoriske enhetene følger rekrutteringsprinsippet hvor de langsomme fibrene rekrutter før de raske. Dette vil gi utøveren en bedret arbeidsøkonomi under løpingen, og vil da utføre et arbeid med en lavere prosentandel av maksimalstyrken. Det betyr at de mindre raske fibrene blir involvert fordi de langsomme fibrene har høyere oksidativ kapasitet. Da vil utøver løpe med en større

grad av aerob energiomsetning og dermed bedre arbeidsøkonomi (Enoksen, Tønnesen, & Tjelta, 2015, s. 274, 279). Studier har bevist at maksimal styrketrening gir en positiv effekt på en utholdenhetsprestasjon (Hoff et al., 2002, s. 288).

I tillegg har studier bevist at maksimal styrketrening øker en repetisjon maksimum (1RM) (Støren et al., 2008, s. 1087). En høyere utviklet 1RM fører til økt muskelstivhet. Den viktigste oppgaven til en muskel er å modulere sin senestivhet for å forbedre utnyttelsen av sin elastiske energi. Et mer tettere muskulært sene-bensystem med økende grad av stivhet vil da være fordelaktig for å forbedre arbeidsøkonomien (Støren, et al., 2008, s. 1091). Studier har fremvist at løpere som var mindre fleksible i underekstremitetene hadde bedre arbeidsøkonomi (Threhearn & Buresh, 2009, s. 160). En annen studie fremviste i sine resultater at maksimal styrktrening var mer fordelaktig i å forbedre arbeidsøkonomien enn konvensjonell styrktrening, hvor blant annet de forklarte at en høyere 1 RM førte til den forbedrede arbeidsøkonomien (Heggelund, Fimland, Helgerud, & Hoff, 2013, s. 1571).

1.2.1 Hva er plyometrisk og eksplosiv styrketrening og hvorfor er det viktig i en utholdenhetsprestasjon?

Innen idrett spesielt og bevegelser generelt så utvikler ikke musklene våre kraft gjennom ren konsentrisk, eksentrisk eller statisk kontraksjon. Musklene strekkes som oftest umiddelbart før de forkortes, dette er det vi kaller en plyometrisk bevegelse.

Dette er den vanligste arbeidsmåten i satsbevegelser, men også innen løping. Plyometrisk bevegelse fører til en større utvikling av konsentrisk kraft i den samme bevegelsen der man ikke har den forutgående strekkingen. Grunnen til dette er at det rekrutteres flere motoriske enheter i muskelen og den elastiske energien som blir lagret i muskelen når vi strekker, kommer i tillegg den konsentriske kraften når muskelen forkortes. Dermed er kraften i

muskelen på høyere nivå når vi starter den konsentriske fasen, og slike bevegelser skaper bedre rekruttering av arbeidende muskulatur og inaktivering av antagonistene.

Når det trenes plyometrisk, så er ofte spensttrening brukt der vi bruker eksplosive bevegelser hvor det utvikles kraft i strekkmuskulaturen. Spensttrening kan nesten ses på som teknikktrening, og derfor er det viktig å trene på spenstøvelser som er spesifikke med tanke på den bevegelsen du utfører i konkurranse (Enoksen et al., 2015, s. 128-129).

Fjærstivheten i muskel-senesystemet spiller en viktig rolle for prestasjonen i plyometrisk arbeid, en plyometrisk bevegelse sørger for at bevegelsesenergien overføres og nyttiggjøres i de elastiske komponentene i muskel-senesystemet. Strekkapparatet i beina kan ses på som en fjær og effekten av fjærstivheten i muskel-senesystemet vil merkes under hvert løpssteg. Når foten settes i bakken vil «fjæren» bli presset sammen av utøvers vekt før den umiddelbart strekkes og elastisk energi som blir lagret i den eksentriske fasen blir utnyttet under løpssteget. Bevegelser der muskel-senesystemet strekkes før det forkortes, kalles strekk-forkortningssyklus og øvelser som har denne syklusen i bevegelsesmønsteret vil dra nytte av fjærstivheten (Enoksen et al., 2015, s. 20-27). Løpsprestasjonen vil da kunne bedres gjennom bedre lagring og utnytting av den elastiske energien, og vi kan utføre større arbeid uten økning i energiforbruket som vil føre til bedret arbeidsøkonomi (Raastad et al., 2010, s. 222). Studier har fremvist at plyometrisk trening øker en utholdenhetsprestasjon på et 2,4-kilometers løp med 3,9% (Ramírez-Campillo, et al., 2014, s. 97).

1.3 Viktigheten av en god anaerob løpskapasitet og muskulær kraft «muscle power».

Bidraget fra det anaerobe energisystemet er vel kjent i distanseløp, og har blitt sett på som en faktor som begrenser en utholdenhetsprestasjon. Under distanser på 1500-5000 meter spiller det anaerobe energisystemet inn som en viktig rolle under slike løp (Busso & Chatagon, 2006, s. 745-753). En god anaerob kapasitet er også viktig på lengre distanser som for eksempel på 10000 meter hvor det anaerobe energisystemet vil være dominerende i starten av løpet og spesielt mot slutten (10-20) % hvor kravet til en siste spurt og høyere hastighet er nødvendig for å eventuelt vinne løpet (Joyner & Coyle, 2008, s. 39). Å trene sprint over relative korte distanser har blitt sett på som en måte å øke den anaerobe kapasiteten (Laia & Bangsbo, 2010, s. 11). Sprint kan trenes med relative korte sprintdrag på 2-90 sekunders varighet med 0,5-3 minutters pause, på 50-100% intensitet av sin maksimale sprinthastighet (Laia & Bangsbo, 2010, s. 12).

Forskere har fremvist at en god V_{O2max} og en utholdenhetsprestasjon ikke bare er begrenset av sentrale faktorer knyttet til oksygenopptaket og arbeidsøkonomien, men også noe som heter «muscle power» som står for de nevromuskulære og anaerobe karaktertrekkene (Noakes, 1988; Green & Patela, 1992). I tillegg har hastighet oppnådd under maksimal anaerob hastighetstest ($vMART$) blitt sett på som en god indikator for å avgjøre hvor god en utholdenhetsprestasjon blir (Nummela, et al., 2006, s. 1). Maksimal hastighet/aerob maksimal fart av V_{O2max} (vV_{O2max}) eller maksimal hastighetstest på tredemølle har også blitt sett på som en viktig indikator for å prestere godt under en utholdenhetsprestasjon. En utøvers vV_{O2max} er påvirket av individets V_{O2max} , arbeidsøkonomi, nevromuskulær kraft og anaerobe kapasitet (Nummela, et al., 2006). vV_{O2max} har blitt sett på som en god indikator

for en spesifikk utholdenhetsmåling av en utøvers muskulære kraft (Noakes, 1988). Studier har blant annet fremvist at vV_{O2max} var bedre assosiert for å predikere et 16 kilometers løp blant godt trente løpere enn det den klassiske modellen til Bassett Jr & Howley (2000) var, fordi den fremviste viktigheten av både den maksimale aerobe kraften og arbeidsøkonomien (McLaughlin, Howley, Bassett JR, Thompson, & Fitzhugh, 2010, s. 991). I tillegg har studier sett at maksimal hastighetstest på tredemølle var bedre enn V_{O2max} og arbeidsøkonomi for å predikere utfallet av en Maratonprestasjon blant topp utøvere (Noakes, 1988, s. 327). Studier har også fremvist at under den siste runden av et 5000-meter-løp var det hastigheten på $vMART$ som avgjorde hvem som kom først i mål, og ikke V_{O2max} og arbeidsøkonomien. De fremviste viktigheten av det nevromuskulære systemet til å produsere kraft og ble sett på som mer avgjørende enn oksygentilførselen under slutfasen av et 5000-meter-løp (Nummela, et al., 2006, s. 7).

1.3.1 Hva er spesifisitetstrening og hvorfor er det viktig i en utholdenhetsprestasjon?

Aerob trening som er avhengig av de spesifikke musklene som er vesentlig for sin aktivitet, påvirker en forbedret aerob kapasitet under for eksempel på løping. For å kunne måle en sportsrelatert prestasjon er det avhengig av at laboratorier måler innenfor idrettsgrenen eller benytter seg av målinger som er knyttet til muskelmassen eller bevegelsesmønsteret til den aktuelle idretten (McArdle et al., 2014, s. 462-463). Basert på spesifisitetsprinsippet er det viktig når man trener for økende sprint, kraft og utholdenhetskapasitet at treningen må utføres presist på den spesifikke bevegelsen og den spesifikke metabolske og fysiologiske kravet til aktiviteten (McArdle et al., 2014, s. 228).

Under samtidig utholdenhetstrening og styrketrening må en trene styrke for de muskelgruppene som er vesentlig for den fysiske prestasjonen du vil påvirke. I løping er det viktig at løpere trener spesifikt for idretten sin og spesifikke treningsmetoder som er gunstig for løpere er å utføre styrketrening på de musklene som er relevant for løpingen (Friidrettsforbund, 2015).

1.3.2 Hva er anbefalt frekvens og volum for at styrketrening skal gi en positiv effekt på en utholdenhetsprestasjon?

Når det kommer til å trene styrketrening med mål om å øke en utholdenhetsprestasjon, viser studier at en bør ha en sammenhengende treningsperiode på 6-14 uker for å oppnå en positiv effekt. Blant annet så har det blitt oppsummert at etter 8-14 ukers gjennomført treningsprogram øker løpsøkonomien blant løpstrente utøvere med hele 5%. Antall økter totalt har ligget på mellom totalt 15-50 økter. Både for utrente og godt trente viser flere forskningsstudier til en økende utholdenhetsprestasjon etter en kombinasjon av styrketrening og utholdenhetstrening på 6-14 uker (Raastad et al., 2010, s. 214-217). Antall økter i uken når man trener maksimal styrke kan være hensiktsmessig å trene som tidligere nevnt 2-3 ganger i uka og 2-4 ganger i uka når man trener eksplosiv styrke (Raastad et al., 2010, s. 123).

1.3.3 Adaptasjoner fra styrketrening, sprinttrening og effekter det kan gi på arbeidsøkonomien.

I menneskers skjelettmuskulatur er det to ulike muskelfibre som er dominerende som gir forskjellige mekanismer i deres bruk av ATP. Den første muskelfiberen er den langsomme muskelfiber I som frembringer ATP i hovedsak under aerobe forhold, hvorav muskelfibertype II ofte blir aktivert under anaerobe forhold. Muskelfibertype II distribueres i tre forskjellige hovedgrupper: Type IIA, type IIB og type IIX. Muskelfibertype IIA bidrar med rask hastighet og moderat tilførsel av energi under aerobe og anaerobe forhold. Type IIB er det raskeste muskelfibret og gir det beste anaerobe potensialet, mens type IIX faller midt imellom A og B (McArdle et al., 2014, s. 374-378). Ulike studier har bevist at styrketrening endrer prosentandelen av muskelfibertype I, II og endrer type IIB til type IIA (Potteiger, et al., 1999; Green, Goreham, Ouzang, Ball-Burnett, & Ranney, 1998; Campos, et al., 2002).

Sammenhengen mellom type II, type IIA og arbeidsøkonomien har studier også vist en positiv relasjon til (Hunter et al., 2015; Kyrolainen, et al., 2003), og dette begrunnes blant annet med at dette muskelfiberet korrelerer positivt på høyere hastigheter (Kyrolainen, et al., 2003, s. 48). Selv om muskelfibertype IIA blir sett på som viktig for arbeidsøkonomien, fremviser ikke dette muskelfiberet alene en suksessfull prestasjon. En suksessfull prestasjon avhenger også av flere komponenter som fysiologiske, bimoekaniske, nevrologiske og biomekaniske «støttesystemer» (McArdle et al., 2014, s. 370-380).

En synkende pH-verdi under fysisk aktivitet er en hovedårsakene til at muskeltretthetsbrudd oppstår (Bangsbo & Juel, 2006, s. 1412-1413), og blant annet vil en pH verdi på under 7 resultere i kvalme, svimmelhet og muskelsmerte (McArdle et al., 2014, s. 301). I menneskers hvilende muskelceller må cellene transportere hydrogen-ioner (H^+) ut ifra cellene for å opprettholde cellenes pH-verdi på et komfortabelt nivå for den metabolske prosessen (Juel,

2006, s. 629). Derfor kan de proteinene som kontrollerer H⁺ utstrømningen fra arbeidende muskler og regulere pH-verdiene spille en betydning for arbeidende muskler under muskelkontraksjoner (Laia, et al., 2008, s. 966). Blant annet vil NA⁺/H⁺ veksel isoformen (NHE1) spille en rolle for disse reguleringene (Juel, 2006, s. 629), og studier har bevist at NHE1 øker etter gjennomført sprint intervall intervensjonsprogram (Skovgaard, Almquist, & Jens, 2017, s. 48). For at NHE1 hastigheten skal øke vil det være viktig å trene høy-intensitets sprinttrening som vil føre til store pH forandringer. Utholdenhetstrening med moderat intensitet vil bare forandre pH-verdiene litt, og vil dermed ikke være stort nok for å øke NHE1 prosenten (Juel, 2006, s. 629).

Mellom muskelkontraksjoner (dvs. avslapningsfasen) bidrar langsgående rør som inneholder sakroplastiske retikulumet Ca²⁺-ATPase (SERCA) pumpene å danne et kammer fra sakroplastisk retikulum (SR), som er spesialisert på å ta opp kalsium fra cytoplasma. SERCA representerer to ulike pumper i forskjellige muskelfibre. SERCA 1 er som oftest assosiert i den mer raske muskelfibertype I, imens SERCA 2 er assosiert til den mer langsomme muskelfibertype II (Schiaffino & Reggiani, 2011, s. 1464). Å utvikle en lavere andel SERCA vil være viktig for en forbedret arbeidsøkonomi fordi SERCA-pumper står for rundt 50% av energitilførselen av ATP til de arbeidende musklene (Walsh, Howlett, Stary, Kinding, & Hogan, 2006, s. 1707-1712). Tatt dette i betraktning vil et lavere krav ifra kalsiumhåndteringen fra SERCA gjøre at arbeidsøkonomien vil bli bedre. Studier har bevist at SERCA andelen har blitt sunket etter et sprintintervensjonsprogram, og det var assosiert som en av årsakene til en forbedret arbeidsøkonomi og forbedret prestasjon på 10000 meter (Skovgaard, et al., 2018, s. 9-10).

Som tidligere beskrevet kan metodene være mange og en metode for å se hva slags effekt treningsmetodene gir er blant annet å benytte seg av Cohens d for å estimere effektstørrelser. Ved hjelp av denne metoden kan man sammenligne effekten de har hatt på en utholdenhetsprestasjon, og se om effekten har vært liten (0,2), moderat (0,5) eller stor (0,8) (Thrane, 2018, s. 170). På bakgrunn av denne metoden er ønske at denne Meta-analysen kan hjelpe oss til å forstå hvilken effekt disse treningsmetodene har på en utholdenhetsprestasjon og samtidig hjelpe oss til å svare på problemstillingen:

«Hvilken effekt gir eksplosiv trening, maksimal styrketrening, sprinttrening og kombinasjon av sprinttrening og styrketrening på en utholdenhetsprestasjon under mellom-langdistanse?».

Hvilke ulike faktorer kan påvirke effekten disse treningsmetodene har på en utholdenhetsprestasjon?

2.0 Metoden av Meta-analysen

Denne Meta-analysen er basert på et litterært søk som vi benyttet oss av på databasene Pub Med og Google Scholar i perioden Januar-mars 2021. Artikkene ble kun søket etter engelsk skriftlige artikler ifra perioden 1990-2020.

2.1 Litteratur utvelgelsen

For å finne frem til de mest relevante artiklene for Meta-analysen så vi over forskningsartiklenes titler, formål og nøkkelord hvor vi benyttet følgende søkeord i forskjellige søkekombinasjoner på Google Scholar: «strength training», «resistance training», «sprint training», «endurance performance», «moderate trained», «weel trained», «middle distance», «time trial», «3000 meter», «5000 meter», «1500 meter» «800 meter». Et avansert søk med (AND) ble søkt på Pub Med ved hjelp av følgende søkeord: «sprint training» «strength training», «endurance performance», «middle distance». Fulltekst artikler ble kun søkt etter på Pub Med siden dette ikke var mulig på Google Scholar.

Fulltekst artikler ble inkludert dersom de så ut til å møte følgende inklusjonskriterier: (a) Studier som inneholdt utholdenhetstester i mellomdistansene 800-5000 meter før og etter treningsprogrammet for å se en endring. Løpere ble helst inkludert og eventuelt også triatlon utøvere fordi de har mange samme fysiologiske adaptasjonene som løpere og har i tillegg mye av den samme treningsmengden som løpere. (b) Treningsprogrammet varte fra 4 uker eller lengre. Dette begrunnes med at det har blitt observert at nevro-muskulære adaptasjoner har blitt observert i mindre enn 4 uker for utrente som begynner med styrketrening (Baroni et al., 2013, s. 907-908). (c) Artikkene hadde et eksperimentelt design. (d) Deltagerne var moderat til godt trente som ble sett ut ifra VO₂max-verdier. Moderat trente hadde verdier fra (<55

ml*kg⁻¹*min⁻¹) og godt trente med verdier imellom (<55-65 ml*kg⁻¹*min⁻¹) (Denadia, de Aguiar, de Lima, Creco, & Caputo, 2017, s. 547). Kvinner ble rangert med 10% mindre (ml*kg⁻¹*min⁻¹) enn menn (Joyner & Coyle, 2008, s. 37). (e) De inkluderte deltagerne i studiene hadde en alder mellom 18-40 år. (f) En styrketreningsintervensjon ble benyttet for intervensjonsgruppene, og de relevante styrketreningsmetodene var:

Maksimal styrketrening (HRT), eksplosiv styrketrening (ERT), plyometrisk trening (PT).

Intervensjonsgrupper som benyttet seg av sprint trening ble også inkludert. (g) Data ble presentert som gjennomsnittstid og standardavvik på utholdenhetstestene i mellom-langdistanse før og etter gjennomført intervensjonsprogram slik at effektstørrelse (ES) kunne beregnes i resultatene (Thrane, 2018, s. 169). (h) Artikkene ble forsket på kun mennesker.

Fulltekst artikler ble ekskludert på grunn av følgende eksklusjonskriterier: (a) Artikkene ble ikke sett på som vitenskapelige forskningsartikler som for eksempel bøker, magasiner, aviser, eller var tidligere gjennomførte bachelor/Meta-analyser. (b) Artikkene fremviste ikke en før og etter test for å se forandringer av sine hovedmålenheter. I tillegg representerte ikke artikkene en ytelsestid før og etter en 800-10000 meter test. (c) Deltagerne var pasienter eller hadde dårlig helse. (d) Studiene inkluderte ulike kosttilskudd og ulike dietter i tillegg til treningsprogrammene for å se effekt (e) Deltagere var representert som «highly- trained» og hadde over VO₂ Max verdier over (<65 ml kg⁻¹ min⁻¹) (Denadia et al., 2017, s. 547). (f) Antall deltagere var ikke nevnt. (g) Studiene gjennomførte ikke relevante styrke treningsmetoder.

2.2 Statistisk analyse

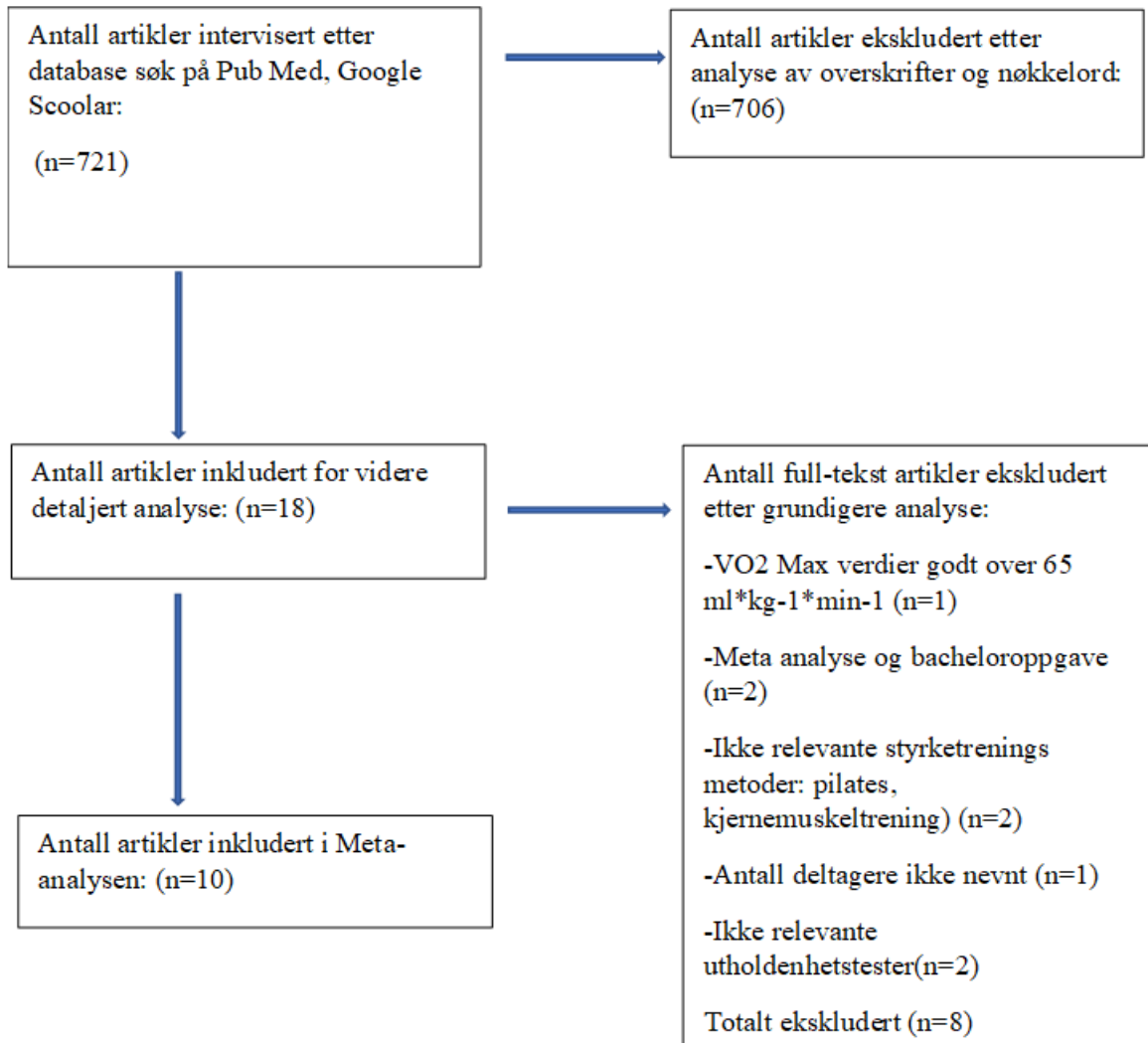
For å kunne fremstille ulike relevante effektstørrelser (ES) ble Excel programmet Exploratory Software for Confidence Intervals (ESCI) benyttet. ES ble analysert for hver enkelt intervensjonsgruppe. ES ble kalkulert ved hjelp av Cohen`s d nettbaserte ES kalkulator (Lipsey & Wilson, u.d.). Kalkulasjonen ble basert på forandringene i utholdenhetstestenes tider før og etter gjennomført intervensjonsprogram, og T-verdier. ES (unbiased) ble fremvist i resultatene for å sammenligne resultatene opp mot en større populasjonseffekt (Cumming, 2012). To forskjellige ES ble fremstilt for gruppen som var moderat trente med VO₂max-verdier ifra 39-55 (ml*kg⁻¹*min⁻¹) og for gruppen som var godt trente med verdiene 55-66 (ml*kg⁻¹*min⁻¹). Ut ifra de inkluderte artiklene ble det delt opp tre grupper til å sammenligne ES: En gruppe som trente plyometrisk/eksplosivt, en gruppe som trente maksimal styrke og en gruppe som trente sprint/sprint+styrketrening eller som kombinerte eksplosiv og maksimal styrketrening. ES ble beregnet kun for de artiklene som fremviste utholdenhetstestenes ytelses tid som gjennomsnitt og standardavvik med tydelige fremstilte resultater eller ved at artiklene fremviste sine ES. En ES ble kvalifisert som 0.2 (liten), 0.5 (medium) og 0.8 (stor) (Thrane, 2018, s. 170).

3.0 Resultater

3.1 Studie utvelgelsen

Totalt etter første litteratursøk ble 721 studier identifisert. Etter analyse av overskrifter og nøkkelord ble 706 artikler ekskludert. Videre ble 18 artikler inkludert for analyse. Etter en mer grundigere analyse ble 8 artikler ekskludert på grunn av følgende eksklusjonskriterier: antall deltagere ikke nevnt (n=1), for høye VO₂max-verdier godt over (<65 ml*kg⁻¹*min) (n=1), kjernemuskeltraining (n=1), pilates trening(n=1), ikke relevante utholdenhetstester(n=2), tidligere gjennomført bacheloroppgave (n=1) og Meta analyse(n=1). Totalt endte det opp med 10 inkluderte artikler til Meta-analysen.

Figur 1: Søkeprosessen til Meta-analysen



3.2 Deltakernes og studienes karaktertrekk

Totalt antall deltagere var 228(199 menn og 29 kvinner). Deltagerne hadde en alder imellom 20.2 til 39 år. Deltagernes VO₂max-verdier rangerte imellom 39,5 og 66,14 (ml*kg⁻¹*min). Alle studiene hadde et eksperimentell design (Thrane, 2018, s. 148-150). I artiklene til (Berryman, Maurel, & Bosquet, 2010; Chamari et al., 2005; Li et al., 2019; Karsten, Stephens, Colpus, Larumbe-Zabala, & Naclerio, 2016; Kelly, Burnett, & Newton, 2008; Pavvolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela, & Rusko, 1999; Pellegrino, Ruby, & Dumke, 2016; Skovgaard et al., 2014; Spurrs, Murphy, & Watsford, 2003) var deltagerne fordelt i intervensjonsgrupper oppimot en kontrollgruppe, imens i artikkelen til (Lum, Tan, Pang, & Barbosa, 2016) var 2 intervensjonsgrupper satt opp mot hverandre. Deltagere var randomisert inn i treningsprogrammet i artiklene til (Berryman et al., 2010; Kelly et al., 2008; Karsten et al., 2016; Li et al., 2015; Pellegrino et al., 2016; Skovgaard et al., 2014; Spurrs et al., 2003), imens i artiklene til (Chamari et al., 2005; Li et al., 2019; Pavvolainen et al., 1999) var deltagerne fordelt ut ifra VO₂max-verdier, aerob maksimal fart (vVO₂max), utholdenhetstestenes tidligere ytelsestid, evner, alder eller kroppssammensetning på en ikke-randomisert måte. Artiklene til (Chamari et al., 2005; Li et al., 2019; Lum et al., 2016; Pavvolainen et al., 1999) hadde et kvasi-eksperimentelt design (Harris, et al., 2006, s. 16-18). Lengden på treningsprogrammene varierte imellom 6-12 uker.

Tabell 1: Studienes og deltageres karaktertrekk.

Studie	Deltageres karaktertrekk				Studie design				
	N (I/C)	Kjønn	Alder(år)	VO2 Max verdier (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	Treningsbakgrunn	Varighet (uker)	Forskningsdesign	Deltagere randomisert?	ST legget til eller byttet for løping?
Berryman et al.(2010)	N=28 DWT=12 PT=11 C=5	M=28	DWT=31 PT=29 C=29	DWT=57.5 PT=57.5 C=55	Moderat til veltrente menn med 3-7 løpedager i uka på distanser mellom 5000-42,195 meter.	8	Eksperimentell	JA	Legget til for intervensjonsgruppene
Chamari et al.(2005)	N=48 E=10 S=9 E+S=10 S+E=10 C=9	M=48	21.4	E=49.84 S=50.08 E+S=51.29 S+E=51.15 C=50.65	Mannlige sportslige studenter.	12	Kvasi eksperimentell	Uklart(tilpasset til vVO2 max)	Kun ST for S gruppen. Legget til for E+S og S+E gruppene. Kun løping for E gruppen
Li et al.(2019)	N=28 CT=9 HRT=9 CON=9	M=28	CT=20.2 HRT=21.22 CON=20.78	CT=65.65 HRT=65.54 CON=66.14	Godt trente mannlige løpere fra et college løpelag. Deltagerne hadde 4 års erfaring med langdistanseløp.	8	Kvasi eksperimentell	Uklart(tilpasset til alder, kroppssammensetning, VO2 max og 5km tid)	Legget til for intervensjonsgruppene
Karsten et al.(2016)	16(8/8)	M=11 K=5	I=39 C=30	I=47.3 C=47.0	Moderat trente løpere og triatlon utøvere med 2 års treningserfaring og en mengde på (3-5 økter, 150-300 min) i uka.	6	Eksperimentell	JA	Legget til for i intervensjonsgruppen
Kelly et al.(2008)	16(7/9)	K=16	I=21.0 C=20.4	I=39.5 C=39.9	Moderat trente kvinner uten erfaring fra et strukturert treningsprogram de siste 3 månedene. Kvinnene var studenter fra et universitet som jogget 3 dager i uka uten erfaring fra styrketrening tidligere.	10	Eksperimentell	JA	Legget til for intervensjonsgruppen

Lum et al.(2016)	N=14 IST=7 PT=7	M=14	28.9	IST=53.9 PT=54.4	Moderat trente løpere. Deltagerne trente (3 økter, 20 km) i uka. Grappa gjennomført treningsprogrammet utenfor konkurransesesong.	6	Kvasi eksperimentell	JA	Legget til for intervensjonsgruppene
Paavolainen et al.(1999)	18(10/8)	M=18	I=23 C=24	I=63.7 C=65.1	Männlige orienteringsutøvere med 8,5 års treningserfaring og en mengde på (545) timer i året.	9	Kvasi eksperimentell	Uklart (tilpasset VO2 Max og 5km tid)	Byttet med 32% for intervensjonsgruppen, og 3% for kontrollgruppen
Pellegrino et al.(2016)	22(11/11)	M=14 K=8	I=34.2 C=32.5	I=47.7 C=48	Erfarende løpere (lokale løpeklubber) uten erfaring ifra PT de siste 3 månedene.	6	Eksperimentell	JA	Legget til for intervensjonsgruppen
Skovgaard et al.(2014)	21(12/9)	M=21	31.1	59.4	Moderat trente mannlige løpere. Deltagerne hadde løpt i sånn cirka 7,5 år med en mengde på (3.3 økter, 29.7 km i uka) uten å trene SET eller HRT.	8	Eksperimentell	JA	Byttet med 42% for intervensjonsgruppen
Spurrs et al. (2003)	17(8/9)	M=17	25	I=57.6 C=57.8	Männlige løpere med 10 års treningserfaring med en gjennomsnittlig treningsmengde på 60-80 km i uka.	6	Eksperimentell	JA	Legget til for intervensjonsgruppen

CT, kompleks trening, C, kontrollgruppe, CON, kontrollgruppe, DWT, dynamisk vekt trening, E, utholdenhet, E+S, utholdenhet+styrke, HRT, tung styrketrening, I, intervensjonsgruppe, IST, intermitterende sprint trening, K, kvinner, KM, kilometer, M, menn, N, antall, PT, plyometrisk trening, S, styrke, SET, sprint utholdenhet styrketrening, ST, styrketrening, S+E, styrke+ utholdenhet, VO2Max, maksimalt oksygenopptak, vVO2Max, aerob maksimal fart.

3.3 Treningsprogrammets karaktertrekk

De ulike intervensjonstypene som ble gjennomført var plyometrisk trening (PT) (Berryman et al., 2010; Lum et al., 2016; Pellegrino et al., 2016; Spurrs et al., 2003), maksimal styrketrening (HRT) (Li et al., 2019; Karsten et al., 2016; Kelly et al., 2008), dynamisk vekttrening (DWT) Berryman et al., (2010), sprinttrening/intermitterende sprinttrening/sprint utholdenhetstrening (SpT/IST/SET) (Pavvolainen et al., 1999; Lum et al., 2016; Skovgaard et al., 2014). Pavvolainen et al. (1999) kombinerte både SpT, PT og eksplosiv styrketrening (ERT) for intervensjonsgruppen, hvorav Skovgaard et al. (2014) kombinerte både HRT og SpT. Chamari et al. (2005) gjennomført et intervensjonsprogram med 4 ulike grupper: Utholdenhetstrening (E) aerob maksimal fart ($v\dot{V}O_{2max}$) drag, styrketrening (S), styrke+utholdenhet (S+E) og utholdenhet + styrke (E+S). S ble gjennomført første 3 uker med utholdenhetsstyrke, og ERT de siste 3 ukene. Kompleks trening (CT) ble gjennomført i artikkelen til Li et al. (2019) som kombinerte både HRT og PT.

Antall treningsøkter varierte mellom 2-3 intervensjonsøkter i uka, bortsett fra artikkelen til Pavvolainen et al (1999) hvor intervensjonsdager ikke ble nevnt. Artikkelen til Pellegrino et al., (2016) gjennomførte totalt 15 økter under treningsprogrammet. DWT ble gjennomført med 3-6 sett til 8 repetisjoner. HRT ble gjennomført med 3-6 sett til 4-8 repetisjoner per økt med en intensitet på 60-85% av maksimal repetisjon (1RM) og 4RM-15RM i artikkelen til Skovgaard et al. (2014). PT ble gjennomført med 3-10 sett til 6-200 reps og 60-228 fotkontakter.

Intervensjonsgruppene som gjennomførte SpT/IST/SET/E sprintet relativt korte distanser (20-100 m) over 4 sett til 10 repetisjoner med 30 sekunder varighet. Deltagerne til Chamari et al., (2005) gjennomførte 5 repetisjoner med sprint på sin vVO₂max fart med en varighet som var lik halvparten av sin individuelle konstant hastighetstest til utmattelse(tlim). Progressiv overbelastning ble benyttet for artiklene til (Chamari et al., 2005; Lum et al., 2016; Pellegrino et al., 2016; Spurrs et al., 2003), imens for andre artikler var treningsøktene strukturerte eller periodiserte (Berryman et al., 2010; Li et al., 2019; Karsten et al., 2016; Kelly et al., 2008; Skovgaard et al., 2014). Styrketreningen ble kontrollert for de fleste artiklene, men unntaket var for artikkelen til Pavvolainen et al. (1999) og for Kelly et al. (2005) som delvis kontrollerte fordi deltagerne trente ulike kjernemuskeløvelser utenfor intervensjonsprogrammet. Løpstreningen varierte mellom 20-80 km, med en hyppighet på 3-9 økter i uka og med ulik variasjon i forhold til hvilken intensitet de løp på. I tre artikler (Berrymann et al., 2010; Chamari et al., 2005; Pavvolainen et al., 1999) kontrollerte de løpingen, imens i artikkelen til Skovgaard et al. (2014) ble bare 1 treningsgruppe kontrollert.

En mer detaljert beskrivelse av treningsprogrammets karaktertrekk er fremstilt i Tabell 2.

Tabell 2: Treningsprogrammernes karaktertrekk

Treningsprogrammernes karaktertrekk									
Studie	Intervensjonstype	Treningsøvelser	Antall økter (per uke)	Volum	Intensitet	Restitusjon mellom økter	ST kontrollert?	Løpstrening	Løpstrening kontrollert?
Berrymann et al.(2010)	DWT/PT	DWT: konsentrisk knebøy. PT: (DJ).	1	DWT og PT (3-6 sets*8 reps).	DWT:<95% PPO. PT: 40-60 cm sprett, 95% CMJ.	Ikke nevnt	JA	2*AIT (1*maksimal hastighet:1*80 % av maksimal hastighet). 1*LSD(30-60 min).	JA
Chamari et al.(2005)	E/S/S+E/E+S	E: vVO2 max drag S (utholdenhets styrke, 3 uker): kjernestyrke øvelser, hoftestensjon 15 kg, rygghev, halvt dybde knebøy 20 kg, fremover vekslende arm fleksjon 5-10, fremover spalter 20 kg. ERT (3 uker): fallhopp fra kasse 0,3-0,6 m hopp, hopp over hekk 0,5-0,7 m, et bens hopp, et bens lengde hopp, flere typer hopp.	2	S: 4 serier, 6 øvelser per serie, 30-40 s arbeid/ 20-30 s pause, 2 min pause mellom serier.	Individuell intensitet (optimalt antall sets og reps)/ progressivt økende, hekke, kassehøyde, hopp og hoppelengde.	3 dager mellom S/E økt. 3 dager mellom S+E/E+S økt.	JA	5 løps drag på 20 meter på 100% av vVO2max, deretter aktiv hvile på 60% av vVO2max. Varigheten var lik halvparten av deltagernes individuelle tilm.	JA
Li et al.(2019)	CT/HRT	CT: knebøy, DJ, bulgarsk knebøy, hopp på et ben, romansk markløft, dobbelt-ben hekkhopp. HRT: knebøy, bulgarsk knebøy, romansk markløft.	3	CT: 3 sets*6 reps, 4 min pause. HRT: 5 sets*5 reps, 3 min pause.	CT: 80-85% av 1 RM, 40 cm boks, 50 cm hekk. HRT: 80-85% av 1RM.	Uklart (løping på morgningen og styrke på kvelden, 3 dager i uka/48 timer mellom hver CT/HRT økt.	JA	6 økter i uka/77.25 km: LSD: 70-85% av HRmax, 4 ganger i uka, IT: 90-95% HRmax, 3 ganger i uka.	NEI

Karsten et al.(2016)	HRT	HRT: RDL, knebøy, ståheving, utfall.	2	4 sets*4 reps, 2 min pause.	HRT: 80% av 1 RM.	48 timer mellom HRT økter.	JA	3-5 økter/150-300 min.	NEI
Kelly et al.(2008)	CSE(HRT)	HRT: knebøy, ståheving, hofteekstensjon, hoftefleksjon, benkrøll, sittende roing, benkpress.	3	3 sets*5 reps, 3-4 min pause.	HRT: 60-70% av 1RM uke 1, 70-80% av 1RM uke 2, 85% av 1RM uke 3-10.	8 timer før utholdenhetstrening	Delvis	3 ganger i uka: 70% aerob, 30% anaerob.	NEI
Lum et al.(2016)	IST/PT	IST: 30 m sprint på maksimal hastighet. PT: Dobbelt benhekkhopp/et -bens benhekkhopp 30 cm.	2	IST: 4 reps*4 sets, 1-3 min pause. PT: 3-4 reps*5-40 reps.	Progressivt økende intensitet, varierende antall sets og reps.	Uklart	JA	3 ganger i uka (20 km).	NEI
Paavolainen et al.(1999)	SpT/PT/ERT	Spt: Sprint. PT: alternative fall og hekkhopp. ERT: benpress, kne ekstensjon/fleksjon.	Ikke rapportert. 2,7 timer i uka (cirka 3 økter).	SpT: 5-10 sets*20-100 reps. PT/ERT: 5 sets/20 reps/30-200 reps per økt.	PT: BW eller vektstang. ERT: 0-40% av 1RM.	Uklart	Uklart	I: 8.4 timer i uka, 9 økter. C: 9.2 timer i uka, 8 økter. Begge gruppene løp 84% under LT og 16 % over LT.	JA
Pellegrino et al.(2016)	PT	Modifisert versjon av Spurrs et al.(10), med lavere progresjon på bakkekontakter første 2 uker.	15 økter totalt.	60-228 fotkontakter.	Progressivt økende intensitet.	Uklart	JA	I: 34.4-36.2 km i uka. C: 29.5-31.3 km i uka.	NEI
Skovgaard et al.(2014)	HICT(SET/HRT)	HRT: knebøy, markløft og benkpress. SET: Sprint.	SET: 2 HRT: 1	SET: 4-12 reps*30 s, 3 min pause. HRT: 3-4 sett*6-8 reps uke 1-4, 4 sets*4 reps uke 5-8.	SET: Maksimal innsats. HRT: 8 RM-15 RM uke 1-4: 4 RM uke 5-8.	3-4 dager mellom SET og HRT økt. Forskjellige dager for løping.	JA	I: 1*AIT, 4*4+2 min på 85% av HRmax, 50 min på 75-85% av HRmax. C: 40 km totalt, 4-5 km AIT.	JA (kun 1)
Spurrs et al.(2003)	PT	PT: varierende former av ulike hopp, og hopp i vertikal og horisontal retning.	2 (3 uker) 3 (3 uker)	2 sets*10 reps, 60-180 fotkontakter.	Progressiv økning av fotkontakter.	Separate dager til løping.	JA	60-80 km i uka.	NEI

AIT, aerob intervall trening, *BW*, kroppsvekt, *C*, kontrollgruppe, *CSE*, samtidig styrke og utholdenhetstrening, *CM*, centimeter, *CMJ*, motbevegelsehopp, *DJ*, fall hopp, *DWT*, dynamisk vekttrening, *E*, utholdenhet, *ERT*, eksplosiv styrketrening, *E+S*, utholdenhet+styrke, *HRT*, maksimal styrketrening, *HRmax*, maksimal hjerterefrekvens, *KM*, kilometer, *LSD*, langkjøring, *LT*, laktat terskel, *I*, intervensjonsgruppe, *IST*, intermitterende sprint trening, *IT*, intervalltrening, *m*, meter, *PT*, plyometrisk trening, *PPO*, topp effekt, *RM*, maksimal repetisjon, *RDL*, romansk markløft, *S*, styrke, *s*, sekund, *SET*, sprint utholdenhet trening, *SpT*, sprint trening, *ST*, styrketrening, *Tlim*, konstant hastighetstest til utmattelse, *vVO2max*, aerob maksimal fart.

3.4 Effekten på utholdenhetstestenes ytelsestid

Denne Meta-analysen fremstiller ulike ES for samtlige intervensjonsgrupper, for gruppen som var moderat trente ($39,5-54,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), godt trente ($57,6-65,65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) og for de nevnte tre fordelte gruppene for å sammenligne ES mellom dem. ES er fremstilt i Tabell 3,4,5,6,7,8 og i Figur 2. ES er basert på sekunder eller minutters forbedringer fra utholdenhetstestenes ytelsestid før og etter gjennomført intervensjonsprogram. Artikkelen til Pavvolainen et al. (1999) blir ikke fremstilt i noen av de overøvrige ES på grunnlag av at denne artikkelen ikke viste en klarhet på hvor mange sekunders forbedringer intervensjonsgruppen forbedret sin ytelsestid.

Tabell 3: Effekten på utholdenhetstestenes ytelsestid for samtlige intervensjonsgrupper.

Studie	Intervensjonstype	N	Før test gjennomsnitt (SD)	Etter test gjennomsnitt (SD)	ES Tilfeldig 95%CI	Vekt	ES(usb) Tilfeldig 95%CI
Berryman et al.(2010)	DWT	12	755(87)	724(77)		7.5%	0,351 (-0,217,0,956)
	PT	11	748(81)	712(76)		7.6%	0,423 (-0,175,1,072)
Chamari et al.(2005)	E	10	934.2(47.0)	881.0(39.2)		6.5%	1,123 (0,376,2,046)
	S	9	931.1(32.8)	908.1(29.4)		6.9%	0,667 (-0,023,1,465)
	S+E	10	929.3(30.4)	886.0(11.3)		5.5%	1,725 (0,813, 2,929)
	E+S	10	932.3(17.1)	852.3(29.5)		3.6%	3,032 (1,679,4,935)
Li et al.(2019)	CT	10	953.70(12.30)	926.90(9.92)		4.8%	2,192 (1,131,3,637)
	HRT	9	952.56(10.10)	932.67(11.61)		5.4%	1,650 (0,714,2,904)
Karsten et al.(2016)	S&C(HRT)	8	1288.3(183.4)	1242.9(187.0)		7.1%	0,218 (-0,467,0,941)
Kelly et al.(2008)	CSE(HRT)	7	-	-		6.7%	0,556 (-0,202,1,440)
Lum et al.(2016)	IST	7	53.57(8.36)	51.57(7.56)		6.9%	0,218 (-0,513,0,995)
	PT	7	50.28(6.45)	48.21(7.06)		6.9%	0,266 (-0,466,1,054)
Pellegrino et al.(2016)	PT	11	780.9(29.9)	760.8(29.1)		7.2%	0,629 (0,008,1,328)
Skovgaard et al.(2014)	HICT (10000 m)	12	44.11(1.08)	42.20(1.03)		5.7%	1,683 (0,973,2,906)
	HICT(1500 m)	12	5.27(0.08)	5.10(0.05)		4.9%	2,370 (1,343,3,729)
Spurrs et al.(2003)	PT	8	10.28(1.26)	10.12(1.15)		7.1%	0,118 (-0,568,0,824)
Total 95%CI T=5,199 P=0,001		153				100,3%	0,925 (0,576,1,288)

Den totale ES er stor for de inkluderte artiklene.

Tabell 4: Effekten på utholdenhetstestens ytelses tid for moderat trente sett ut ifra VO2 max verdier (39,5-54,4 ml*kg⁻¹*min⁻¹).

Studie	Intervensjonstype	N	Før test gjennomsnitt (SD)	Etter test gjennomsnitt (SD)	ES Tilfeldig 95%CI	Vekt	ES(95%CI)
Chamari et al. (2005)	E	10	934.2(47.0)	881.0(39.2)		11,2%	1,123 (0,376,2,046)
	S	9	931.1(32.8)	908.1(29.4)		12,2%	0,667 (-0,023,1,465)
	S+E	10	929.3(30.4)	886.0(11.3)		9,1%	1,725 (0,813, 2,929)
	E+S	10	932.3(17.1)	852.3(29.5)		5,5%	3,032 (1,679,4,935)
Karsten et al. (2016)	S&C(HRT)	8	1288.3(183.4)	1242.9(187.0)		12,7%	0,218 (-0,467,0,941)
Kelly et al. (2008)	CSE(HRT)	7	-	-		11,7%	0,556 (-0,202,1,440)
Lum et al. (2016)	IST	7	53.57(8.36)	51.57(7.56)		12,3%	0,218 (-0,513,0,995)
	PT	7	50.28(6.45)	48.21(7.06)		12,3%	0,266 (-0,466,1,054)
Pellegrino et al. (2016)	PT	11	780.9(29.9)	760.8(29.1)		12,9%	0,629 (0,008,1,328)
Total 95%CI		79				99,9%	0.765 (0,360,1,170)
					I=3,703		
					P=0,002		

Samlet sett er ES for moderat trente moderat til stor.

Tabell 5: Effekten på utholdenhetstestenes ytelses tid for godt trent sett ut ifra VO2 Max verdier (57,6-65,65 ml*kg-1*min-1).

Studie	Intervensjonstype	N	Før test gjennomsnitt (SD)	Etter test gjennomsnitt (SD)	ES Tilfeldig 95%CI	Vekt	ES(unb) Tilfeldig 95%CI
Berryman et al.(2010)	DWT	12	755(87)	724(77)		16,4%	0,351 (-0,217,0,956)
	PT	11	748(81)	712(76)		16,2%	0,423 (-0,175,1,072)
Li et al.(2019)	CT	10	953.70(12.30)	926.90(9.92)		12,0%	2,192 (1,131,3,637)
	HRT	9	952.56(10.10)	932.67(11.61)		13,2%	1,650 (0,714,2,904)
Skovgaard et al.(2014)	HICT(10000 m)	12	44.11(1.08)	42.20(1.03)		14,0%	1,683 (0,859,2,732)
	HICT(1500 m)	12	5.27(0.08)	5.10(0.05)		12,2%	2,370 (1,343,3,729)
Spurrs et al.(2003)	PT	8	10.28(1.26)	10.12(1.15)		15,9%	0,118 (-0,568,0,824)
Total 95%CI		74				99,9%	1,151 (0,504,1,798)
					T=3,487		
					P=0,005		

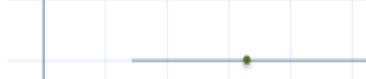
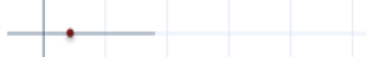
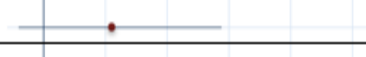
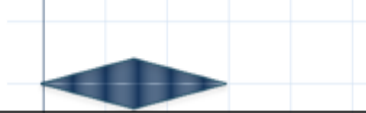
Samlet sett er ES stor for utøverne som var godt trent.

Tabell 6: Effekten på utholdenhetstestens ytelsestid for intervensjonsgruppene som trente plyometrisk/eksplosiv styrketrening.

Studie	Intervensjonstype	N	Før test gjennomsnitt (SD)	Etter test gjennomsnitt (SD)	ES Tilfeldig 95%CI	Vekt	ES (unb) Tilfeldig 95%CI
Berryman et al.(2010)	PT	11	748(81)	712(76)		18,5%	0,423 (-0,175,1,072)
	DWT	12	755(87)	724(77)		20,6%	0,351 (-0,217,0,956)
Pellegrino et al.(2016)	PT	11	780.9(29.9)	760.8(29.1)		17,1%	0,580 (-0,034,1,267)
Spurrs et al.(2013)	PT	8	10.28(1.26)	10.12(1.15)		16,0%	0,118 (0,568, 0,824)
Chamari et al.(2005)	S	9	931.1(32.8)	908.1(29.4)		13,8%	0,667 (-0,023,1,465)
Lum et al.(2016)	PT	7	50.28(6.45)	48.21(7.06)		14,1%	0,266 (-0,466,1,054)
Total 95%CI		58				100,1%	0,398 (0,151,0,645)
T=3,054							
P=0,0023							

Samlet sett er ES liten til moderat stor for intervensjonsgruppene som trente plyometrisk/eksplosivt.

Tabell 7: Effekten på utholdenhetstestens ytelsestid for intervensjonsgruppen som trente maksimal styrketrening.

Studie	Intervensjonstype	N	Før test gjennomsnitt (SD)	Etter test gjennomsnitt (SD)	ES Tilfeldig 95%CI	Vekt	ES (unb) Tilfeldig 95%CI
Li et al.(2019)	HRT	9	952.56(10.10)	932.67(11.61)		27,4%	1,650 (0,714,2,904)
Karsten et al.(2016)	S&C(HRT)	8	1288.3(183.4)	1242.9(187.0)		37,9%	0,218 (-0,467,0,941)
Kelly et al.(2008)	CSE(HRT)	7	-	-		34,7%	0,556 (-0,202,1,440)
Total 95%CI T=1,905 P=0,0568		24				100%	0,729 (-0,021,1,478)

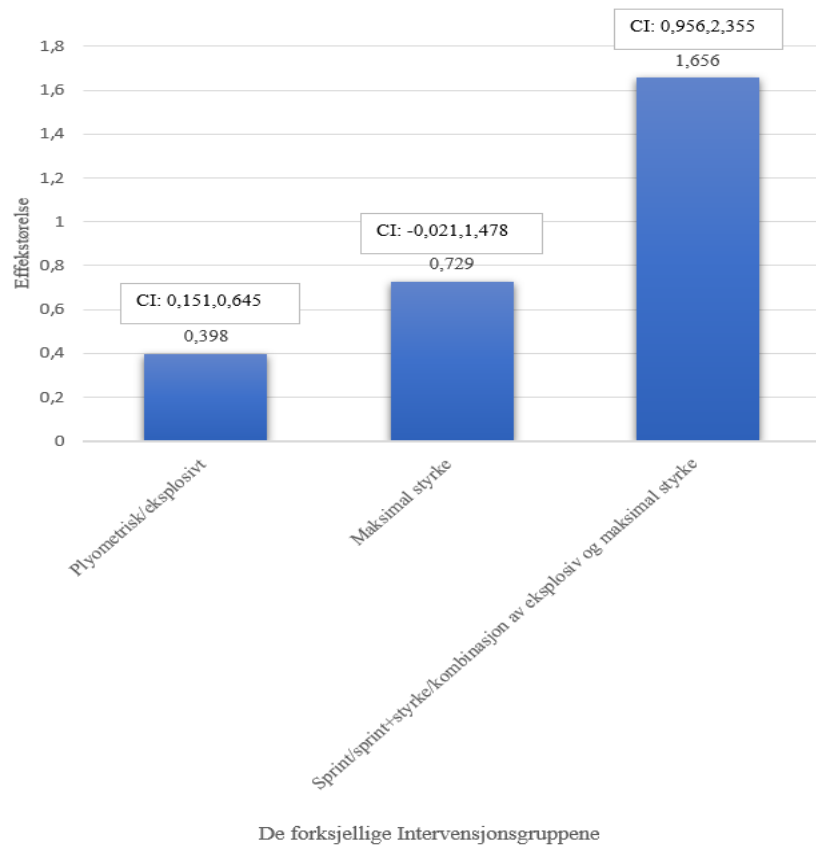
Samlet sett er ES moderat til stor for intervensjonsgruppene som trente maksimal styrketrening.

Tabell 8: Effekten på utholdenhetstestenes ytelsestid for intervensjonsgruppene som trente sprint/sprint+styrketrening/en kombinasjon av to ulike styrketreninger.

Studie	Intervensjonstype	N	Før test gjennomsnitt (SD)	Etter test gjennomsnitt (SD)	ES Tilfeldig 95%CI	Vekt	ES (unb) Tilfeldig 95%CI
Chamari et al.(2005)	E	10	934.2(47.0)	881.0(39.2)		16,1%	1,123 (0,376,2,046)
	S+E	10	929.3(30.4)	886.0(11.3)		14,5%	1,725 (0,813,2,929)
	E+S	10	932.3(17.1)	852.3(29.5)		10,7%	3,032 (1,679,4,935)
Li et al.(2019)	CT	10	953.70(12.30)	926.90(9.92)		13,2%	2,192 (1,131,3,637)
Lum et al. (2016)	IST	7	53.57(8.36)	51.57(7.56)		16,9%	0,218 (-0,513,0,995)
Skovgaard et al.(2014)	HICT 10000 m	12	44.11(1.08)	42.20(1.03)		15,3%	1,683 (0,859,2,732)
	HICT 1500 m	12	5.27(0.08)	5.10(0.05)		13,4%	2,370 (1,343,3,729)
Total 95%CI		71				100,1%	1,656 (0,956,2,355)
T=4,64							
P=0,0001							

Samlet sett er ES veldig stor for intervensjonsgruppene som trente sprint/sprint+styrketrening/en kombinasjon av eksplosiv og maksimal styrktrening.

Figur 2: Effekten på utholdenhetstestenes ytelsestid for de inkluderte intervensjonsgruppene før og etter gjennomført mellom-langdistanse ytelsestest. En ES er kvalifisert som liten (0,2), moderat (0,5) og stor (0,8). CI, konfidensintervall.



Samlet sett er ES både lav til moderat, moderat til stor og stor for de inkluderte intervensjonsgruppene. Liten til moderat effekt fremvises for gruppen som trente plyometrisk/eksplosivt. Moderat til stor effekt fremvises for intervensjonsgruppene som trente maksimal styrke. Den største ES fremvises for intervensjonsgruppene som trente sprint/sprint+styrketrening/kombinasjon av eksplosiv og maksimal styrke.

4.0 Diskusjon

Hovedfunnene i denne Meta-analysen viser til at plyometrisk/eksplosiv, maksimal styrke og sprinttrening har en positiv effekt på utholdenhetsprestasjonen både for moderat trente og til godt trente utøvere i alderen 18-40 år. Resultatene viser til at ES var lav til moderat for intervensjonsgruppene som trente plyometrisk/eksplosiv, moderat til stor for utøverne som trente maksimal styrke, og størst ved de som kombinerte eksplosiv og maksimal styrke eller benyttet seg av sprint/sprint og styrketrening i en kombinasjon.

4.1 Effekten av de ulike treningsintervensjonene

Plyometrisk styrketrening ser ut til å ha en positiv virkning på muskel- og senesystemet som fører til en økt fjærstivhet og mer effektivt løpssteg. Gevinsten blir at en kan utføre et større arbeid uten økning i energiforbruket (Raastad et al., 2010, s. 222). Dette samsvarer godt med de studiene (Spurrs et al., 2003; Lum et al., 2016; Li, et al., 2019) (Tab. 3) som hadde PT-trening i sine treningsprogram, hvor de forklarte at økt muskel- senestivhet var en av grunnene til økt løpsprestasjon.

Men noe overraskende viste to av studiene (Lum et al., 2016; Li et al., 2019) til bedre utnytting av arbeidsøkonomien ved høyere løpshastigheter. Selv om begge artiklene hadde fremgang på løpsprestasjonen, så var der likevel stor forskjell i ES hos de ulike artiklene. Hos Lum et al (2016) var (0,266) ES (Tab. 3) mye mindre enn hos Li et al. (2019) som hadde en veldig høy (2,192) ES (Tab.3). Lum et al. (2016) mente at manglende kontroll på utholdenhetstreningen førte til en betydelig nedgang i treningsmengden av ulike årsaker, og dette kunne redusere de positive effektene PT-treningen hadde på løpsprestasjonen og var

derfor en mulig årsak til den store forskjellen i (1,926) ES mellom Lum et al. (2016) og Li et al. (2019).

At utøvere reduserte treningsmengden, men likevel hadde fremgang etter de la til PT i intervensjonsperioden, viser ifølge Lum et al. (2016) at PT-trening er effektiv når målet er økt løpsprestasjon samtidig som en reduserer utholdenhetstreningen.

PT-trening viser å være en god treningsmetode, men muskelfibertype endringer og nevralt tilpassinger forklarer ikke hovedårsaken til suksessen som intervensjonsgruppene E/E+S/S+E/CT/IST og HICT hadde. De hadde en høy gjennomsnittlig (1,529) ES (Fig.2) og en mulig årsak til det er «muscle power». Som tidligere beskrevet er ikke utfallet av en suksessfull prestasjon bare preget av V02max og arbeidsøkonomi, men også «muscle power» som står for de nevromuskulære og anaerobe karaktertrekkene (Green & Patla, 1992; Noakes, 1988). Paavolaninen et al. (1999) støttet også denne konklusjonen og forklarte at en av hovedårsaken til prestasjonsforbedringen (3,1%) på 5000 meter for intervensjonsgruppen som trente Spt/PT/ERT var at deltagerne både økte sine nevralt tilpasninger, men spesielt økte sin muskelkraft. Artikkelen forklarer at deltagerne økte sin maksimale anaerobe kapasitet test (MART). Under både MART og 5000 meter testen måtte deltagerne benytte seg av sine nevromuskulære tilpassinger når oksygenopptaket og blodlaktatnivået ble økende. Paavolaninen et al. (1999) forklarer at «muscle power» er svært viktig og fører til at det nevromuskulære systemet øker muligheten til å tilføre mer kraft når den glykolytiske og oksidative produksjonen er høy og muskelkontraksjoner er begrenset.

At muskelkraften spiller inn som en viktig rolle for å fremme en forbedret prestasjon støttet også Li et al. (2019) som forklarte at årsaken til den høye (2,192) ES (Tab. 3) hos CT-gruppen var mest sannsynlig fordi i tillegg til PT-trening så la Li et al. (2019) til maksimal styrketrening i intervensjonsperioden. Som fig.2 viser er treningsintervensjoner mest effektive

når 2 ulike treningsmetoder blir kombinert. Maksimal styrketrening sørger for en økning i motornevroner og sørger for økt spenning i muskulatur, som senere vil skape gunstige forhold for PT- trening. Dette kan forbedre en løpers reaksjonsstyrke og hans evne til å lagre og utnytte elastisk energi gjennom å forenkle strekk- og forkortningssyklusen. Strekk-forkortningssyklusen er et viktig konsept som beskriver hvor effektiv skjelettmuskulaturen fungerer hos mennesker under ulike bevegelsesmønstre i fotball eller enkel løping (McArdle et al., 2014, s. 521).

Ifølge Saunders et al. (2006) mente de at ved å legge PT- trening til maksimal styrketrening, ville det sørge for at enkelte hoppeøvelser raskt vil utøve en ytre maksimal kraft på det nerve-muskulære systemet. Gjennom å utvikle utnyttingen av strekk-forkortningssyklusen og muskel-senestivheten, vil det føre til ei stor forbedring av kraft. Dette kan forklare noe av årsaken til den høye ES til CT-gruppen som kombinerte HRT og PT i studiet til Li et al (2019) og hvorfor den var høyere enn de som bare trente HRT (0,729) og PT (0,398) alene (Figur. 2). Disse resultatene støttes også av Sedano et al. (2013) som kombinerte PT og HRT og kunne vise til betydelige forbedringer i arbeidsøkonomien hos godt trente utøvere i høyere hastigheter.

CT-gruppen til Li et al. (2019) støttet også viktigheten av at utøverne kunne opprettholde stor hastighet når laktatnivået var økende. I dette studiet var CT-gruppen den eneste gruppen som hadde senkning av blodlaktatkonsentrasjonen under løp (16 km/t), som betyr at utøver kan løpe med samme hastighet med mindre anaerobt energiforbruk. De mener den mulige forklaringen kan være at CT-trening kombinert med utholdenhetstrening øker styrken og funksjonen til muskelfibertype I, samtidig som treningen utsetter rekrutteringen av muskelfibertype II. Dette vil redusere laktatproduksjonen og forbedrer evnen til å kvitte seg med laktat under høy løpshastighet, noe som vil bedre laktatterskel.

Å trene styrke forbedrer arbeidsøkonomi og laktat-terskel (Støren et al., 2008; Hoff, Gran, & Helgerud., 2002; Mikkola et al., 2011). Derfor var det litt overraskende at berre Li et al. (2019) viste til bedring av laktat-terskel, når alle andre studier viste til bedring av arbeidsøkonomi. Teoretisk burde det skje en høyreforskyving av laktat-profilkurven, forandring i laktat med økende belastning er styrt av VO₂max og arbeidsøkonomi. Selv om VO₂max ikke blir påvirket så bedrer styrketrening arbeidsøkonomien og laktat-profilkurven burde bevege seg mot høyre (Raastad et al., 2010, s. 214). Li et al. (2019) mener kombinasjonen av HRT og PT-trening gjør det mulig å oppnå treningseffektene fra begge samtidig, som vil føre til en betydelig bedring av arbeidsøkonomi og laktat-terskel. Dette kan ha vært en årsak til at CT-gruppen kunne utnytte det å løpe på høyere hastigheter og dermed komme raskere i mål, dette er en mulig årsak til at CT-gruppen økte ES mer enn de som kun trente PT (Tab 3.).

Et annet studie som kombinerte 2 treningsmetoder og kan vise til betydeligere høyere ES-verdier enn studier som brukte kun 1 treningsmetode (Tab. 8) er studiet til Skovgaard et al. (2014). De kombinerte HRT og SET, og HICT-gruppen kunne vise til gode løpsprestasjoner etter SET/HRT-intervensjonene, en ES på 1500 m (2,370) og 10000 m (1,683) (Tab. 8) er oppsiktsvekkende bra. Årsakene til prestasjonsforbedringen for HICT-gruppen så ikke ut som å være på grunnlag av en høyere andel muskelfibertype IIA, som faktisk ble redusert for HICT-gruppen (32.9-30.9) etter intervensjonsprogrammet. Dette støttes av den tidligere forklaringen om at muskelfibret alene ikke forklarer suksessen (McArdle et al., 2014, s. 379-380). Istedenfor ser det ut som at hovedårsakene til den høye ES-verdien for HICT-gruppen til Skovgaard et al. (2014) kan være av at arbeidsøkonomi ble forbedret.

HICT-gruppen fikk en nedgang på SERCA 1 og SERCA 2 og andre studier (Skovgaard et al., 2018) har også sett en korrelasjon mellom en lavere andel SERCA etter lignende intense sprintrelaterte treningsøkter som var assosiert som en av årsakene til prestasjonsforbedringen

på 10000 meter. Siden SERCA andelen gikk ned etter intervensjonsprogrammet så kan dette ha påvirket arbeidsøkonomien positivt siden som tidligere nevnt står SERCA for 50% av energitilførselen til ATP (Walsh et al., 2006, s. 1707-1712). Dette kan ha bidratt til en høy ES for HICT-gruppen og i tillegg fant Skovgaard et al. (2014) ut at NHEI økte med 35 % etter intervensjonsprogrammet for HICT-gruppen. Blant annet viste Laia et al. (2007) en god korrelasjon ved å bytte ut tradisjonell utholdenhetstrening med sprinttrening som førte til økt muskel-NHEI på 30% som kan ha vært årsaken til en forbedret prestasjon under kortvarige utholdenhetstester. I kontrast fant ikke Bangsbo et al. (2009) en økning av NHE1 etter et treningsprogram som besto av sprint og intervalltrening, til tross for en bedret arbeidskapasitet under høy-intensitetsprestasjoner. Så det kan se ut som at NHE1 spiller en rolle i forklaringen av den høye ES-verdien til HICT-gruppen, men er ikke hovedårsaken til å forbedringen.

HICT-gruppen økte sin 1RM med statistiske signifikante verdier på de ulike inkluderte HRT-øvelsene, og som tidligere nevnt fører HRT til ett mer tettere muskulært sene-bensystem med økende grad av stivhet som vil være fordelaktig for å forbedre arbeidsøkonomien (Støren et al., 2008, s. 1091).

Kelly et al. (2005) hadde også øking på 1RM på sine styrketester med statistiske signifikante verdier, så hvorfor HICT-gruppen til Skovgaard et al. (2014) økte prestasjonene sin mer enn HRT-gruppen til Kelly et al. (2005) er vanskelig å si. En årsak til den mye lavere (0,556) ES (Tab. 3) hos Kelly et al. (2005) kan være det kombinerte treningsprogrammet til Skovgaard et al. (2014) som øker de nevralt tilpassinger og den anaerobe kapasiteten som igjen gir bedret «muscle power». HICT-gruppen benyttet seg av en kombinasjon av HRT og SET som kan ha bedret sin løpsprestasjon gjennom de positive effektene «muscle power» gir. Selv om Skovgaard et al. (2014) ikke målte den anaerobe kapasiteten spekulerer uansett artikkelen i at dette kan ha fremmet løpsprestasjonene. Dette fordi blant annet å løpe 1500- meter fører til økende laktat-verdier og markant reduksjon i muskelens pH-verdier (Billat, Hamard,

Koralsztein, & Morton, 2009, s. 478-487). Som tidligere nevnt kan en lavere pH forårsake muskeltretthet som vil kan begrense en prestasjon (Bangsbo & Juel, 2006, s. 1412-1413). Mer forskning tilknyttet anaerobe målinger som gir bedre statistisk styrke, ville nok bidratt til en bedre forståelse av hvorfor HICT-gruppen økte prestasjonen sin mer enn de andre intervensjonsgruppene som gjennomførte kun HRT (Tab 3.)

I 2 av studiene (Skovgaard et al., 2014; Li et al., 2019) ble HRT inkludert i det kombinerte treningsprogrammet med gode resultat (Tab. 3). I studiet til Chamari et al. (2005) kombinerer de også 2 ulike treningsmetoder, men der blir ikke HRT brukt. De bruker PT og utholdenhetsstyrketrening, men ikke i samme treningsperiode. De trener utholdenhetsstyrke i første periode (6 uker) og PT i andre periode (6 uker) i kombinasjon med utholdenhetstrening, og intervensjonsgruppene S+E og E+S fikk en veldig høy (1,725-3,032) ES (Tab.3). Også i dette studiet besto utholdenhetstreningen av sprinttrening (SET) og Chamari et al. (2005) fremstiller viktigheten av «muscle power» og korrelasjonene mellom nevro-muskulær kraft og forbedret anaerob kapasitet som en årsakssammenheng til at intervensjonsgruppene E, S+E og E+S fikk en høy (1,123- 1,725- 3,032) ES (Tab.3). En utøvers vV02max kan som tidligere beskrevet gi en god indikator på en utholdenhetsprestasjon fordi den gir en indikasjon på den nevro-muskulære kraften (Noakes, 1988). Disse intervensjonsgruppene hadde også en større prosentvis forbedring av vV02max farten hvor farten økte med 5,69% for E, 8,17% for S+E og 10,38% for E+S. Andre studier har også sett en korrelasjon av å trene på 100% av vV02max som har vært assosiert med en forbedret arbeidsøkonomi og høyere prestasjonsforbedring på 1500-5000 meter (Ortic, Greco, De Mello, Denadia, 2006, s. 1707-1712). Spesielt E+S-gruppen skilte seg ut (3,032) ES (Tab.3) noe som kan ha vært på grunnlag av den økte vV02 farten denne gruppen hadde i forhold til de andre intervensjonsgruppene.

Chamari et al. (2005) stresset over hva som var hovedårsakene til at S+E og E+S fikk forskjellige prestasjonsforbedringer. De gjennomførte tross alt samme treningsopplegg, forskjellen besto i rekkefølgen på treningsmetodene. En årsak kan som nevnt være bedre $vV02_{max}$ fart, men Chamari et al. (2005) reflekterer også på utøvere som gjennomfører styrketrening først kan skape en muskulær tretthet som kan gi utslag på $vV02_{max}$ treningen. Likevel fikk også S+E-intervensjonsgruppen en høy (1,725) ES (Tab. 3), så uansett rekkefølge ser det ut til at intervensjonsprogrammet med samtidig styrke- og sprinttrening på 100% av $vV02_{max}$ gir gode nevro-muskulære tilpasninger og høyere anaerob kapasitet. Dette kan slå positivt ut på «muscle power» som igjen kan forklare noe av årsaken til hvorfor studiene til Chamari et al. (2005) og Skovgaard et al. (2014) hadde så gode resultat på løpsprestasjonene.

Det er tydelig at sprinttrening har hatt god effekt på løpsprestasjonen i studiene til Chamari et al. (2005) og Skovgaard et al. (2014) som resultatene viser i Tab. 3. Men Chamari et al. (2005) mente også at en annen mulig årsak til de høye ES-verdiene (Tab. 3) kunne være fordi det samtidige styrke- og utholdenhetsprogrammet sørget for endringer i det nevro-muskulære systemet som bedret samhandlingen i nervesystemet og rekrutteringen av motor-enheter. De viser til at muskelfibrene ble kapable til å produsere større muskelkraft, og dermed redusere energikostnaden under løping og bedre arbeidsøkonomien. Dette støttes av Paavolainen et al. (1999) som mener at PT-trening har vist seg å øke mengden av nevralt signal til musklene under raske dynamiske, samt isometriske bevegelser. Dette er viktig under strekk-forkortede syklusøvelser som løping, fordi nervesystemet spiller en viktig rolle i reguleringen av muskelstivhet og bruken av muskelelastisitet (Paavolainen et al. 1999).

Det man kan se ut ifra fig.2 er at PT og HRT-trening har god effekt på utholdenhetsprestasjonen, HRT (0,729) litt bedre en PT (0,398). Men kombinerer en disse med hverandre eller sprint så får en tydeligvis en større effekt (1,656) (Fig.2) på utholdenhetsprestasjonen av ulike årsaker.

4.2 Faktorer som kan påvirke ES i de ulike studiene

Når en studerer de ulike studiene, er det lett å bli lurt av de ulike ES-verdiene hos intervensjonsgruppene. Det er fort gjort å tenke at den treningsmetoden ikke er brukbar fordi ES-verdien er lav i det aktuelle studiet, da er det viktig å se bak resultatet og hvorfor det ble akkurat slik. Det kan være flere faktorer til hvorfor en ES er lav i en studie, og høy i et annet selv om begge studiene har forholdsvis like treningsmetoder. Som nevnt hadde PT-gruppen til Lum et al. (2016) en overraskende lav (0,266) ES (Tab.8), og de mente at årsaken til lite fremgang i de ulike testene var mangelen på spesifisitet under trening. PT-treningen i deres studie inneholdt hoppeøvinger som krevde raske egenskaper, mens testene krevde trege egenskaper hos utøvere. De fant ut at raske hopp, trege hopp og sprint krever motoriske evner som er separate og uavhengige av hverandre og deres trening med eksplosive hopp var kanskje ikke så fordelaktig for en prestasjon som krever trege hopp.

Det er viktig å ta hensyn til spesifisitetsprinsippet under gjennomføringen av treningen, øvelsene må være sportsspesifikke og rettet inn mot den aktuelle idretten for best mulig resultat (Tjelta et al., 2013, s. 282). Li et al. (2019) påpekte viktigheten av å involvere liknende kinematiske trekk i styrketreningen som de kinematiske trekkene en har i løping. Siden Lum et al. (2016) ikke tok hensyn til spesifisitetsprinsippet mens Li et al (2019) gjorde det, kan det være en mulig årsak til den store forskjellen i (0,266- 2,192) ES (Tab.8) mellom de 2 studiene. Viktigheten av spesifisitet bekreftes også av Balabinis et al. (2003) som mener at for å oppnå god effekt av samtidig styrke og utholdenhetstrening, så er en avhengig av kvaliteten på treningsprogrammet. Men en må passe seg for å ikke overdrive den idrettsspesifikke treningen, generell ikke-spesifikk trening kan også påvirke prestasjonen. Noen ganger må en øke muskeltversnittet på relevante muskelgrupper slik at kraftutviklingen påvirkes i de aktive musklene (Raastad et al., 2010, s. 113).

Spesifisitet kan også være en av faktorene til hvorfor de godt trente utøvere i studiene til Li et al. (2019) og Skovgaard et al. (2014) noe overraskende fikk høyere ES enn de moderat trente (1,151- 0,765) (Tab. 4-5). Det har vist seg at de studiene som har kombinert ulike treningsmetoder har hatt god effekt på løpsprestasjonen (Tab. 8), men Li et al. (2019) og Skovgaard et al. (2014) hadde også høg-intensitet intervalløkter i sine treningsprogram. Siden målet med intervalltrening er å vedlikeholde eller utvikle den aerobe utholdenhetskapasiteten, kan dette være noe av årsaken til hvorfor godt trente utøvere hadde en høyere ES enn moderat trente utøvere (Tjelta et al., 2013, s. 46). Sammen med Kelly et al. (2005) som hadde en moderat til stor (0,556) ES (Tab. 4), var Skovgaard et al. (2014) og Li et al. (2019) de eneste som inkluderte intervalltrening i sine treningsintervensjoner. Derfor kan det virke som om høg-intensitets intervalltrening i tillegg til styrketrening kan gi en veldig god effekt på løpsprestasjonen, men det er viktig å understreke at slik hardtrening krever lang restitusjonstid. Det er viktig å planlegge intervalltrening godt slik at en får godt utbytte av treningen, hvis ikke kan det være fare for at utøver mister overskuddet (Tjelta et al., 2013, s. 110).

En annen faktor som kan påvirke ES er lengden på intervensjonsprogrammet og antall treningsøkter i uken. Når vi analyserer treningsprogrammene karaktertrekk (Tab 2.) ser vi at de ulike styrketreningsprogrammene hadde forskjellig volum og frekvens, noe som kan ha påvirket ES hos de ulike intervensjonsgruppene.

I studiet til Berryman et al. (2010) var hovedmålet å undersøke om det var DWT eller PT som hadde best effekt på arbeidsøkonomien. Intervensjonsgruppen som trente PT senket arbeidsøkonomien med 7% mot DWT sine 4%. Men begge intervensjonsgruppene fremviste forholdsvis liten fremgang i ES, PT-gruppen (0,423) litt bedre enn DWT-gruppen (0,351) (Tab. 6). Berryman et al. (2010) spekulerer i at fremgangen kunne hatt større effekt med flere intervensjonsøkter i uken, studiet hadde bare 1 styrketreningsøkt i uken og de var mest

sannsynlig ikke nok til å få effektive styrketreningstilpassinger hos utøvere. Dette støttes av Mikkola, Rusko, Nummela, Paavolainen, & Hakkinen (2007, s. 613-620) som mener at mengden av styrketrening bør være av et visst volum, siden de opplevde liten forbedring i løpsøkonomi og ingen bedring av løpsprestasjonen etter 1 styrketreningsøkt i uken over en intervensjonsperiode på 8 uker. I studiet til Li et al. (2019) derimot hadde de 3 styrketreningsøkter i uken (Tab.2) og der var fremgangen markant med en ES på 2,192 (Tab.3). Det er en hårfin balansegang å finne den rette treningsvolum, for mye trening kan resultere i overtrening og for lite trening kan føre til at resultatene uteblir. Likevel bør styrketrening inngå i ethvert treningsopplegg, men pass på at treningsmengdene samsvarer med idretten og de krav som stilles til den (Raastad et al., 2010, s. 165).

Treningsfrekvens kan vær ei mulig påvirkning på ES hos de ulike studiene, men ifølge et nyere studie av Li et al. (2020) kan lengden på hele intervensjonsprogrammet også påvirke sluttresultatet. Li et al. (2020) mente at deres forholdsvis lave (0,442) ES kunne være for kort intervensjonsperiode, de tror at 6 uker ikke er nok til å utnytte fullt ut de positive effektene styrketreningen gir, noe som Pellegrino et al. (2016) også støttet og de hadde en moderat til høy (0,629) ES (Tab.3). Pellegrino et al. (2016) fant ut at intervensjonsgruppen som trente PT ikke forandret muskelfibertype, og dette er i kontrast til tidligere studier som har funnet ut at PT-trening forandrer muskelfibertypene etter 8 ukers trening (Potteiger et al., 1999). Siden de inkluderte deltagerne til Pellegrino et al. (2016) kun trente 6 uker med PT-trening, kan dette ha vært for kort tid til å se disse endringene. Faktisk viste resultatene til en nedgang på muskelfibertype IIA etter gjennomført intervensjonsprogram (32.3-30.7 %). En mer høyere forandring til muskelfibertype IIA kunne ha fremmet en høyere ES-verdi fordi en økning av muskelfibertype IIA vil bli svært fordelaktig for arbeidsøkonomien (Hunter et al., 2015). I tillegg fant Pellegrino et al. (2016) tegn til relasjoner mellom løpsøkonomi og muskelfibertype IIA på alle nivåer av hastighetstester, selv om dette var statistisk signifikant

eller ikke. Derfor spekuleres det om hvilken viktig rolle muskelfibertype IIA spiller inn for en utholdenhetsprestasjon, men det virker som det ikke er hovedårsaken til suksessen. Dette virker troverdig med tanke på at en suksessfull prestasjon ikke bare er preget av muskelfiberet (McArdle et al., 2014, s. 379-380).

Det kan tenkes at årsaken til den høye ES (Tab.3) hos intervensjonsgruppene til Chamari et al. (2005) kan være på grunn av den lange intervensjonsperioden (12 uker) (Tab.1). Mens Karsten et al. (2016) sin mye kortere intervensjonsperiode (6 uker) kunne vært noe av årsaken til deres lave (0,218) ES (Tab.4). Begge studier hadde 2 styrketreningsøkter i uken (Tab.2), men fordi intervensjonsperioden var såpass mye kortere hos Karsten et al. (2016) er muligheten der for at de ikke klarte å utnytte de positive effektene styrketreningen gir i like stor grad som hos Chamari et al. (2005).

Studier med lengre intervensjonsperioder er ønskelig i fremtidige studier slik at vi får større statistisk styrke når vi undersøker den effekten lengre styrkeintervensjonsperioder har på løpsprestasjonen.

4.3 Begrensninger

Det finnes også flere begrensninger i denne Meta-analysen enn det som tidligere er beskrevet. En av de er det lave antallet inkluderte studier. De fleste inkluderte studiene kunne vi beregne ES, som sørget for at meningsfulle resultater kunne relateres opp imot utholdenhetsprestasjonene. Allikevel ble artikkelen til Pavvolainen et al. (1999) ikke inkludert i ES tabellene som kunne ha påvirket utfallet.

Artiklene til (Chamari et al., 2005; Karsten et al., 2015; Li et al., 2019; Lum et al., 2016 og Paavolainen et al., 1999) beskrev ikke hvilken erfaring med styrke deltagerne hadde, noe som kan være greit å vite når en skal vurdere deres ES. Selv om deltagerne mest sannsynlig ikke var styrketrent kan ikke dette konkluderes, og dette kan ha påvirket funnene. Selv om det var ulike fysiologiske målinger i de ulike artiklene var det et fåtall som målte $\dot{V}O_{2\max}$ og laktattærskel, som øker sannsynligheten for feilaktige konklusjoner kan bli fremstilt. En annen begrensning kan være fordelingen av de ulike styrketreningsintervensjonene på ES (Figur 2). Intervensjonsgruppe S i artikkelen til Chamari et al. (2005) ble inkludert i intervensjonsgruppen plyometrisk/eksplosiv styrketreningsgruppen, allikevel trente denne intervensjonsgruppen både utholdenhetsstyrke og eksplosiv styrke. Dermed kan fordelingen av intervensjonsgrupper vært upresist.

5.0 Konklusjon og videre forskning

Meta-analysen fremviser at det å trene plyometrisk/eksplosivt, maksimalt styrke og sprinttrening gir en samlet stor effekt på en utholdenhetsprestasjon for moderat og godt trente utøvere i alderen 8-40 år. Ut ifra resultatene fremvises det at intervensjonsgruppene som kombinerte plyometrisk/eksplosiv og maksimal styrketrening, sprint og styrketrening eller bare trente sprint fikk den beste effekten.

For å sørge for best mulig effekt av treningen er det viktig som Meta-analysen viser at utøver tar hensyn til spesifisitetsprinsippet, frekvens og volum når treningsprogram skal planlegges.

Videre studier bør se om flere kvinner, eldre eller yngre vil få samme effekt på utholdenhetsprestasjonen. I tillegg vil det bli viktig å inkludere flere relevante fysiologiske målinger som påvirker løpsprestasjonen og gjennomfører en lignende Meta-analyse over en lengre treningsperiode for å gi mer statistisk styrke til den effekten en lengre treningsperiode har på en utholdenhetsprestasjon i mellom og langdistanse.

Bibliografi

- Balabins, C. P., Psarakis, C. H., Moukas, M., Vassiliou, M. P., & Behrakis, P. K. (2003). Early Phase Changes By Concurrent Endurance and Strength Training. *Journal of strength and conditioning research* 17(2), 393-401. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0393:epcbce>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0393:epcbce>2.0.co;2)
- Bangsbo, J., & Juel, C. (2006). Point:Counterpoint: Lactic acid accumulation is an advantage/disadvantage during muscle activity. *Journal of applied physiology* 100(4), 1410-1414. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00023.2006>
- Bangsbo, J., Gunnarsson, T. P., Wendell, J., Nybo, L., & Thomasen, M. (2009). Reduced volume and increased training intensity elevate muscle Na⁺-K⁺ pump α 2- subunit expression as well as short-and long-term capacity in humans. *Journal of applied physiology* 107(6), 1771-1780. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00358.2009>
- Baroini, B. M., Rodrigues, R., Franke, R. A., Geremia, J. M., Rassier, D. E., & Vaz, M. A. (2013). Time course of Neuromuscular Adaptions to Knee Extensor Eccentric training. *International journal of sports medicine* 34(10), 904-911. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1333263>
- Bassett Jr, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 32(1), 70-84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Berryman, N., Maurel, D., & Bosquet, L. (2010). Effects of Plyometric VS Dynamic Weight Training on the Energy Cost of Running. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(8), 1818-1825. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181def1f5>

- Billat, V., Hamard, L., Koralsztein, J. P., & Morton, R. H. (2009). Different modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1,500-m run. *Journal of applied physiology* 107(2), 478-487. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91296.2008>
- Bishop, D., Jenkins, D. G., Mackinnon, L. T., & McEniery, M. G. (1999). The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 31(6), 886-891. <https://doi.org/10.1097/00005768-199906000-00018>
- Busso, T., & Chatagon, M. (2006). Modelling of aerobic and anaerobic energyproduction in middle-distance running. *European Journal og Applied Physiology* 97(6), 745-756. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0235-4>
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., . . . Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European journal of applied physiology* 88(1-2), 50-60. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
- Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G. P., & Amri, M. (2005). Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine* 39(8), 555-560. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.015248>
- Cumming, G. (2012). *Understanding The New Statistics, Effects Sizes, Confidence Intervals and Meta-Analysis* (1. utg.). New York: Routledge.
- Dahl, H. A. (2005). *Klar-ferdig-gå! Grunnbok i aktivitetsfysiologi*. Oslo: Cappelen Akadamisk Forlag .

- Denadia, B. S., de Aguiar, R. A., de Lima, L. C., Creco, C. C., & Caputo, F. (2017). Explosive Training and Heavy Weight Training are Effective for Improving Running Economy in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine* 47(3), 545-554. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0604-z>
- Di Prampero, E. P. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European journal of applied physiology* 90, 420-429. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0926-z>
- Enoksen, E., Tønnesen, E., & Tjelta, L. I. (2015). *Styrketrening- i individuelle idretter og ballspill*. Kristiansand: Høyskoleforlaget AS.
- Friidrettsforbund, N. (2015). *Friidrett*. Henta fra <https://www.friidrett.no/kompetanse/friidrettstrening/om-trening/treningsprinsipper/>
- Green, H. J., & Patla, A. E. (1992). Maximal aerobic power: nevro-muscular and metabolic considerations. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 24(1), 38-46. Henta fra <https://journals.lww.com/acsm-msse/pages/articleviewer.aspx?year=1992&issue=01000&article=00008&type=abstract>
- Green, H., Goreham, C., Ouzang, J., Ball-Burnett, M., & Ranney, D. (1998). Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance training. *The american journal of physiology* 276(2), 591-596. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1999.276.2.R591>
- Harris, A. D., McGregor, J. C., Perencevich, E. N., Furuno, J. P., Zhu, J., Peterson, D. E., & Finkelstein, J. (2006). The use and Interpretation of Quasi-Experimental Studies in Medical Informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association* 13(1), 16-23. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1749>

- Heggelund, J., Fimland, M. S., Helgerud, J., & Hoff, J. (2013). Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength and more than conventional strength training. *European Journal of Applied Physiology* 113(6), 1565-1573. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2586-y>
- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 12(5), 288-295. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.01140.x>
- Hunter, G. R., McChartey, J. P., Carter, S. J., Bamman, M. M., Gaddy, E. S., Fisher, G., . . . Newcomer, B. R. (2015). Muscle Fiber Type Achilles Tendon Length, Potentiation, and Running Economy. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29(5), 1302-1309. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000760>
- Ingham, S. A., Whyte, G. P., Pedlar, C., Bailey, D. M., Dunman, N., & Nevill, A. M. (2007). Determinations of 800-m and 1500-m Running Performance Using Allometric Models. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 40(2), 345-350. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815a83dc>
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology* 586(1), 35-44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Juel, C. (2006). Training-induced in membran transport proteins of human skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology* 96(6), 627-635. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0140-x>
- Karsten, B., Stephens, L., Colpus, M., Larumbe-Zabala, E., & Naclerio, F. (2016). The Effects of Sports-Specific Maximal Strength and Conditioning Training. *International*

Journal of Sports Physiology and Performance 11(1), 80-85.

<https://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2014-0559>

Kelly, C. M., Burnett, A. F., & Newton, M. J. (2008). The Effect of Strength Training on Three-Kilometer Performance in Recreational Women Endurance Runners. *Journal of sports and conditioning research* 22(2), 396-403.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318163534a>

Kyrolainen, H., Kivela, R., Koskinen, S., Mcbridge, J., Andersen, J. L., Takala, T., . . . Komi, P. V. (2003). Interrelationships between muscle structure, muscle strength and running economy. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 35(1), 45-49.

<https://doi.org/10.1097/00005768-200301000-00008>

Laia, F. M., & Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science In Sports* 20(2), 11-23. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01193.x>

Laia, F. M., Hellsten, Y., Nielsen, J. J., Fernström, M., Sahlin, K., & Bangsbo, J. (2009). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *Journal of applied physiology* 106(1), 73-80. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90676.2008>

Laia, F. M., Thomassen, M., Kolding, H., Gunnarsson, T., Wendell, J., Rostgaard, T., . . . Bangsbo, J. (2008). Reduced Volume but increased training intensity elevates muscle Na⁺-K⁺ pump α 1-subunit and NHE1 expression as well as short term work capacity in humans. *American journal of physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 294(3), 966-974. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00666.2007>

- Li, F., Nassis, G. P., Shi, Y., & Han, G. Z. (2020). Concurrent complex and endurance training for recreational marathon runners: Effects on neuromuscular and running performance . *European journal of sport science*, 1-11.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1829080>
- Li, F., Wang, R., Newton, R., Sutton, D., Shi, Y., & Ding, H. (2019). Effects of complex training versus heavy resistance training on neuromuscular adaption, running economy and 5-km performance in well-trained distance runners. *Peerj* 7(e6787), 1-21.
<https://doi.org/10.7717/peerj.6787>
- Lipsey, M. W., & Wilson, D. B. (u.å.). *Practical Meta-Analysis Effect Size Calculator*. Henta fra <https://www.campbellcollaboration.org/escalc/html/EffectSizeCalculator-SMD1.php>
- Lum, D., Tan, F., Pang, J., & Barbosa, T. M. (2016). Effects of intermittent sprint training and plyometric training on endurance running performance. *Journal of sport and health science* 8(5), 471-477. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.08.005>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2014). *Exercise Physiology, Nutrition, Energy, and Human Performance* (8. utg.). Philadelphia: Wolters Kluwer Health, Lippincott Williams & Wilkins.
- McLaughlin, J. E., Howley, E. T., Basset JR, D. R., Thompson, D. L., & Fitzhugh, E. C. (2010). Test of Classic Model for Predicting Endurance Running Performance. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 42(5), 991-997.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c0669d>
- Mikkola, J. S., Rusko, H. K., Nummela, A. T., Paavolainen L. M., & Häkkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and

fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes . *Journal of Strength and Conditioning Research* 21(2), 613-620.

<https://doi.org/10.1519/00124278-200705000-00056>

Mikkola, J., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Häkkinen, K., & Nummela, A.

(2011). Effects of resistance training regimens on treadmill performance and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *Journal of sports science* 29(13), 1359-1371. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.589467>

Noakes, T. D. (1988). Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a

contemporary perspective. *Medicine & Science in Sports and Exercise* 20(4), 319-330.

<https://doi.org/10.1249/00005768-198808000-00001>

Nummela, A. T., Paavolainen, L. M., Sharwood, K. A., Lambert, M. I., Noakes, T. D., &

Rusko, H. D. (2006). Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*

97(1), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0147-3>

Ortic, M. J., Greco, C. C., de Mello, M. T., & Denadia, B. S. (2006). Interval training on 95%

and 100% of the velocity of V_{O2}max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 31(6), 737-743.

<https://doi.org/10.1139/h06-080>

Pavvolainen, L., Häkkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-

strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle factor . *Journal of applied physiology* 86(5), 1527-1533.

<https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.5.1527>

- Pellegrino, J., Ruby, B. C., & Dumke, C. L. (2016). Effects of Plyometrics on the Energy Cost of Running and MHC and Titin Isoforms. *Medicine & Science In Sports And Medicine* 48(1), 49-56. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000747>
- Potteiger, J. A., Lockwood, R. H., Haug, M. D., Dolezal, B. A., Almuzaini, K. S., Schroeder, J. M., & Zebas, C. J. (1999). Muscle Power and Fiber Characteristics Following 8 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13(3), 275-279. Henta fra https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1999/08000/Muscle_Power_and_Fiber_Characteristics_Following_8.16.aspx
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening, i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Ramírez-Campillo, R., Álvarez, C., Henríquez-Olgùn, C., Baez, E. B., Martínez, C., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2014). Effects of plyometric training on endurance and explosive strength performance in competitive middle-and long-distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(1), 97-104. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1f44c>
- Rusko, & Heikki. Nummela, A. T. (1996). Measurement of Maximal and Submaximal Anaerobic Performance Capacity: Concluding Chapter. *International Journal of Sports Medicine* 17, 125-129. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972913>
- Schiaffino, S., & Reggiani, C. (2011). Fiber Types In Mammalian Skeletal Muscles. *Physiological reviews* 91(4), 1447-1531. <https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2010>
- Sedano, S., Marìn, P. J., & Cuadrado, G. R. (2006). Concurrent training in elite male runners: The influence of strength versus muscular endurance training in performance

- outcomes . *Journal of strength and Conditioning Research* 27(9), 2433-2443.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318280cc26>
- Skovgaard, C., Almquist, N. W., & Jens, B. (2017). Effect of increased and maintained frequency of speed endurance training on performance and muscle adaptations in runners. *Journal of applied physiology* 122(1), 48-59.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00537.2016>
- Skovgaard, C., Christensen, P. M., Larsen, S., Rostgaard Andersen, T., Thomasen, M., & Bangso, J. (2014). Concurrent speed endurance and resistance training improves performance, running economy and muscle NHEI in moderately trained runners. *Journal of applied physiology* 117(10), 1097-1109.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01226.2013>
- Skovgaard, C., Christiansen, D., Christensen, P. M., Almquist, N. W., Thomasen, M., & Bangsbo, J. (2018). Effects of speed endurance training and reduced training volume on running economy. *Physiological Reports* 6(3), 1-12.
<https://doi.org/10.14814/phy2.13601>
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology* 89(1), 1-7.
<https://doi.org/10.1007/s00421-002-0741-y>
- Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal Strength Training Improves Running Economy in Distance Runners. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 40(6), 1087-1092. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f>
- Thrane, C. (2018). *Kvantitativ Metode, En Praktisk Tilnærming* (1. utg.). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.

Threhearn, T. L., & Buresh, R. J. (2009). Sit-and-Reach Flexibility and Running Economy of Men and Women Collegiate Distance Runners. *Journal of strength and conditioning research* 23(1), 158-162. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818eaf49>

Tjelta, L. I., Enoksen, E., & Tønnessen, E. (2013). *Utholdenhetstrening*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.

Walsh, B., Howlett, R. A., Stary, C. M., Kinding, C. A., & Hogan, M. C. (2006). Measurement of activation energy and oxidative phosphorylation onset kinetics in isolated muscle fibers in the absence of cross-bridge cycling. *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comperative Physiology* 290(6),1707-1713. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00687.2005>