



Høgskulen  
på Vestlandet

# MASTEROPPGAVE

Effekter av styrketrening regulert av hastighetstap på fysiologiske og funksjonelle muskeladaptasjoner.

Effects of velocity loss during resistance training on strength gains and muscle adaptations.

**Martin Baarholm**

Master i idrettsvitenskap

Høgskolen på Vestlandet, Institutt for idrett, fysisk aktivitet og kosthold, campus Sogndal

Veileder: Atle Hole Sæterbakken. Biveileder Vidar Andersen

Innleveringsdato: 11.06.2020

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.

## Forord

Å skrive en masteroppgave har vært en spennende, lærerik og utfordrende prosess. Det har vært spennende å kunne fordype seg i noe som har vært en interesse store deler av livet. Å studere relevant teori, planlegge et forskningsprosjekt og gjennomføre en treningsintervensjon har bydd på store og små utfordringer langs veien. Ved veis ende kan jeg si at dette skoleåret har vært et av det mest lærerike årene i mitt liv. Jeg vil først og fremst takke alle de fantastiske menneskene som valgte å delta i treningsintervensjonen. Hadde det ikke vært for dem hadde denne masteroppgaven ikke vært mulig å gjennomføre.

Ellers vil jeg takke veilederne mine, Vidar Andersen og Atle Hole Sæterbakken for gode tilbakemeldinger, råd og gode samtaler. Jeg vil også takke Nicolay Stien for all hjelpen han har gitt meg på labben i testukene og for gode råd. Til slutt vil jeg takke klassekameratene for gode samtaler, god stemming og støtte gjennom dette skoleåret.

## Sammendrag

Hensikten med dette prosjektet var å sammenligne to hastighetsbaserte treningsprogrammer, og de effektene to hastighetstapgrenser har på maksimal styrke, eksplosiv styrke og morfologiske adaptasjoner hos trente unge mennesker. Treningsintervensjonen ble gjennomført med jevnstilt treningsvolum, treningsfrekvens, hvileintervaller og vektmotstand, men med ulik grad av hastighetstap innenfor hvert sett

24 deltagere ble stratifisert randomisert til et 30% hastighetstap (HT30) på det ene beinet og til et 15% hastighetstap (HT15) på det andre beinet. Intervensjonen ble gjennomført unilateralt i beinpress og leggekstensjon over ni uker, med en treningsfrekvens på to dager i uken og en vektmotstand på 75% til 80% av 1RM. Av de 24 deltagerne som startet fullførte 10 intervensjonen. Ved pretest og posttest ble det gjennomført tester av 1RM i beinpress, MVC, RFD, maksimal effekt (PP) samt maksimal- og gjennomsnittlig hastighet ved submaksimale vektmotstander. De fysiologiske parametre var: Muskelmasse, muskeltykkelse, pennasjonsvinkling og fasikkellengde.

Det var ingen signifikante forskjeller i effekten hastighetstapene har hatt på responsvariablene. Både HT30 og HT15 oppnådde en økning i 1RM beinpress (HT30 med 41,2% økning, ES=3,094, P=0,000004 mot HT15 med 37,95% økning, ES=2,216 P=0,000063). Både HT30 og HT15 oppnådde økning i maksimal isometrisk styrke (HT30 med 16,2% økning, ES=1,372, P=0,002 mot HT15 med 12,5 økning, ES=0,745, P=0,043). Verken HT30 eller HT15 oppnådde endring i RFD 200ms, HT30 (P= 0,428) og HT15 (P=0,362). Begge hastighetstapene resulterte i økt PP ved 30% av 1RM, HT30 (P=0,007) og HT15 (P= 0,005), samt 45% av 1RM, HT30 (P=0,005) og HT15 (P=0,007). Ved 60% og 75% av 1RM var det bare HT30 som økte PP (P=0,005 til 0,013). Begge hastighetstapene resulterte i en reduksjon av maksimal hastighet (PV) ved 45% av 1RM, HT30 (P=0,004) og HT15 (P=0,014). Ved 60% av 1RM var det bare HT15 som resulterte i reduksjon av PV (P=0,005). Verken HT30 eller HT15 oppnådde endring i gjennomsnittlig hastighet ved submaksimale vektmotstander. Verken HT30 eller HT15 oppnådde endring i de fysiologiske parameterne.

Resultatene antyder at akkumulering av større mengder muskeltretthet som indikert av hastighetstapet, ikke ser ut til å bidra til økt treningsutbytte når resterende treningsvariabler er jevnstilte. Overvåking av hastighet og regulering av hastighetstap kan dermed være en metode for å unngå unødvendig trege og utmattende repetisjoner.

## Abstract

The purpose of this study was to compare two velocity based training programs, and the effects two velocity loss limits have on maximum strength, explosive strength and morphological adaptations in trained young people. The intervention was carried out with uniform training volume, training frequency, rest intervals and relative weight resistance, but with different degrees of velocity loss within each set.

24 subjects were randomized to a 30% velocity loss (HT30) on one leg and to a 15% velocity loss on the other leg using stratification. The intervention was conducted unilaterally in leg press and leg extension over nine weeks, with a training frequency of 2 days a week and a weight resistance of 75% to 80% of 1RM. Of the 24 subjects who started, 10 completed the intervention. During pretest and posttest the following quantifications were included: 1RM in leg press, MVC, RFD, maximum power (PP) as well as maximum and average velocity at submaximum weight resistances. The physiological parameters were: Muscle mass, muscle thickness, pennation angle and fascicle length.

There were no significant differences in the effect the two velocity loss limits had on the response variables. Both HT30 and HT15 achieved an increase in 1RM (HT30 with 41,2 % increase, ES= 3,094, P=0,000004 versus HT15 with 37,95% increase, ES= 2,216, P=0,000063). Both HT30 and HT15 achieved increase in maximum isometric strength (HT30 with 16,2% increase, ES= 1,372, P=0,002 versus HT15 with 12,5% increase, ES=0,745, P=0,043). Neither HT30 nor HT15 achieved changes in RFD 200ms, HT30 (P=0,428) and HT15 (P=0,362). Both velocity losses resulted in increased PP at 30% of 1RM, HT30 (P=0,007) and HT15 (P=0,005), as well as 45% of 1RM, HT30 (P=0,005) and HT15 (P=0,007). At 60% and 75% of 1RM, only HT30 increased PP (P=0,005 to 0,013). Both velocity losses resulted in a reduction of maximum velocity (PV) at 45% of 1RM, HT30 (P=0,004) and HT15 (P=0,014). At 60% of 1RM only HT15 resulted in a reduction of PV (P=0,005). Neither HT30 nor HT15 achieved changes in the physiological parameters.

The results suggest that the accumulation of greater amounts of muscle fatigue as indicated by the loss of movement velocity does not appear to contribute to increased strength nor muscle gain, when the remaining exercise variables are equilibrated. Velocity monitoring and velocity loss control can thus be a method of avoiding unnecessarily slow and exhausting repetitions.

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	2
<b>Sammendrag</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	4
Tabelloversikt.....	8
Figuroversikt .....	9
Forkortelser .....	10
1.0 Innledning.....	11
<b>2.0 Teori</b> .....	13
2.1 Styrketrening.....	13
2.2 Adaptasjoner til styrketrening.....	14
<b>2.2.1 Nevrologiske adaptasjoner</b> .....	14
<b>2.2.2 Morfologiske adaptasjoner</b> .....	15
2.3 Trening til oppgaveutmatting.....	17
2.4 Muskelstyrke.....	18
<b>2.4.1 Eksplosiv styrke</b> .....	18
2.5 Hastighetsbasert styrketrening.....	19
<b>2.5.1 Regulering av metabolsk og nevromuskulærtretthet</b> .....	23
<b>2.5.2 Kraft-hastighet</b> .....	23
<b>2.5.3 Hastighetsbasert styrketrening mot tradisjonell styrketrening</b> .....	24
2.6 Oppsummering av teori .....	25
<b>3.0 Hensikt</b> .....	27
3.1 Problemstilling.....	27
<b>4.0 Metode</b> .....	28
4.1 Design.....	28
<b>Tabell 1</b> .....	28
4.2 Deltagerne.....	29

<b>4.2.1</b>	<b>Inklusjonskriterier og eksklusjonskriterier .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Frafall fra studiet .....</b>	<b>30</b>
4.3	Tilvenningstester.....	31
<b>4.3.1</b>	<b>Testprosedyre beinpress .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Testprosedyre leggestensjon .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Tilvenningstest.....</b>	<b>33</b>
4.4	Testprotokoll.....	33
<b>4.4.1</b>	<b>Kroppssammensetning .....</b>	<b>34</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Ultralyd .....</b>	<b>35</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Eksplosiv styrketest.....</b>	<b>37</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Dynamisk maksimalstyrketest (1RM).....</b>	<b>38</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Maksimal isometrisk muskelstyrke (MVC).....</b>	<b>38</b>
4.5	Treningsprosedyrer .....	41
<b>4.5.1</b>	<b>Treningsvariablene .....</b>	<b>41</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Oppvarming.....</b>	<b>43</b>
<b>4.5.3</b>	<b>Hastighetsreguleringen .....</b>	<b>43</b>
<b>4.5.4</b>	<b>Den konsentriske og eksentriske fasen.....</b>	<b>44</b>
<b>4.5.5</b>	<b>Repetisjonsområder .....</b>	<b>44</b>
<b>5.0</b>	<b>Statistikk .....</b>	<b>45</b>
<b>4.</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>46</b>
4.1	Treningsvolum.....	46
4.2	Vektmotstand.....	46
4.3	Maksimalstyrke.....	47
<b>4.3.1</b>	<b>Maksimal dynamisk styrke (1RM) .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Kroppsvekt til styrke rate .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.3.</b>	<b>Maksimal isometrisk styrke (MVC) .....</b>	<b>48</b>
4.4	Eksplosiv styrke.....	49

4.4.1 Rate of force development (RFD) .....	49
4.4.2 Maksimal effekt [PP (W)].....	50
4.4.3 Endring i gjennomsnittlig hastighet (AV).....	51
4.4.4 Endring i Maksimal hastighet (PV).....	52
4.5 Fysiologiske parametere .....	53
4.5.1 Endring i muskelarkitektur .....	53
4.5.2 Endring i kroppssammensetning .....	54
<b>5.0 Diskusjon</b> .....	<b>55</b>
5.1 Hovedfunn .....	55
5.2 Maksimal styrke.....	55
5.3 Eksplosiv styrke.....	57
5.3.1 RFD .....	57
5.3.2 Maksimal effekt.....	58
5.3.3 Konsentrisk hastighet .....	59
5.4 Fysiologiske adaptasjoner.....	61
5.5 Styrker og svakheter .....	63
5.5.1 Design.....	63
5.5.2 Metode.....	64
5.5.3 Forsøkspersonene .....	64
Frafall 5.5.4.....	65
<b>6.0 Konklusjon</b> .....	<b>67</b>
6.1 Praktiske applikasjoner .....	67
<b>Referanseliste</b> .....	<b>68</b>
<b>Vedlegg</b> .....	<b>82</b>
Vedlegg 1. Informasjonsskriv med Samtykkeerklæring.....	82
Vedlegg 2. NSD godkjenning .....	88
Vedlegg 3. Treningslogg.....	91

<b>Tabelloversikt</b>	<b>Sidetall</b>
<b>Tabell 1.</b> Testrekkefølge	<b>s. 18</b>
<b>Tabell 2.</b> Deskripsjon av deltagerne	<b>s. 20</b>
<b>Tabell 3.</b> Koeffisient av variasjon (CoV)	<b>s. 29</b>
<b>Tabell 4.</b> Jevnstilling av treningsvolum	<b>s. 31</b>
<b>Tabell 5.</b> Maksimal effekt [PP (W)]	<b>s. 39</b>
<b>Tabell 6.</b> Endring i gjennomsnittlig hastighet [AV (m/s)]	<b>s. 40</b>
<b>Tabell 7.</b> Endring i maksimal hastighet [PV (m/s)]	<b>s. 41</b>
<b>Tabell 8.</b> Endring i muskelarkitektur (mm)	<b>s. 42</b>
<b>Tabell 9.</b> Endring i kroppssammensetning	<b>s. 43</b>



<b>Figuroversikt</b>	<b>Sidetall</b>
<b>Figur 1.</b> Muskelarkitektur	<b>s. 5</b>
<b>Figur 2.</b> Forhold mellom hastighetstap og metabolske verdier	<b>s. 12</b>
<b>Figur 3.</b> Kraft-hastighetsprofil	<b>s. 14</b>
<b>Figur 4.</b> Frafall fra studiet	<b>s. 21</b>
<b>Figur 5.</b> Sittestilling i øvelsene	<b>s. 22</b>
<b>Figur 6.</b> Målinger av antropometriskdata	<b>s. 24</b>
<b>Figur 7.</b> Målinger av muskelarkitektur	<b>s. 26</b>
<b>Figur 8.</b> Treningsvolum	<b>s. 35</b>
<b>Figur 9.</b> Endring i maksimal dynamisk styrke (1RM)	<b>s. 36</b>
<b>Figur 10.</b> Endring i maksimal isometrisk styrke (MF)	<b>s. 37</b>
<b>Figur 11.</b> Eksplosiv styrke (RFD)	<b>s. 38</b>

## Forkortelser

<u>Forkortelse</u>	<u>Kort beskrivelse</u>	<u>Forkortelse</u>	<u>Kort beskrivelse</u>
<b>AV (m/s)</b>	Gjennomsnittlig hastighet	<b>m.s<sup>1</sup></b>	Meter i sekundet
<b>AP (W)</b>	Gjennomsnittlig effekt	<b>N=</b>	Antall deltagere
<b>CV</b>	Variasjonskoeffisient	<b>N</b>	Newton
<b>KMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Kroppsmasseindeks	<b>P</b>	Signifikansnivå
<b>DSU</b>	Data synkroniseringsenhet	<b>PF (N)</b>	Maksimal kraft
<b>ES</b>	Effektstørrelse	<b>PP (W)</b>	Maksimal effekt
<b>EMG</b>	Elektromyografi aktivitet	<b>PV (m/s)</b>	Maksimal bevegelseshastighet
<b>HT</b>	Hastighetstapgrense	<b>RF</b>	Rectus femoris
<b>HT30</b>	Hastighetstapgrense 30%	<b>RFD</b>	Rate of force development
<b>HT15</b>	Hastighetstapgrense 15%	<b>%1RM</b>	Prosent av en repetisjon maksimum
<b>HBT</b>	Hastighetsbasert styrketrening	<b>s</b>	Sekunder
<b>ICC</b>	Intra class korrelasjonskoeffisient	<b>SD</b>	Standardavvik
<b>KG</b>	Kilogram	<b>VL</b>	Vastus lateralis
<b>MTS</b>	Myosin tungkjede sammensetning	<b>W</b>	Watt
<b>MVC</b>	Maksimal frivillig kontraksjon	<b>x RM</b>	Repetisjoner maksimum
<b>MVT</b>	Minimal hastighet terskel	<b>*</b>	Signifikant

## 1.0 Innledning

Maksimal styrke og eksplosiv styrke er to kritiske komponenter av atleteres sportslige prestasjoner og alminnelige menneskers daglige aktiviteter (Baker, Wilson et al. 1994, Bosquet, Porta-Benache et al. 2010, Harris, Cronin et al. 2010). For å øke den maksimale eller eksplosive styrken i henhold til kravene i spesifikke idretter, må treningsmotstanden og treningsvolumet optimaliseres (Baker, Wilson et al. 1994, Rhea, Alvar et al. 2003, Kraemer and Ratamess 2004, Schoenfeld, Ogborn et al. 2017). Hittil har det hovedsakelig vært to metoder for å foreskrive og overvåke treningsmotstanden. Tradisjonelt har tester av en repetisjon maksimum (1RM) blitt brukt til å foreskrive en gitt prosent av 1RM (% av 1RM) (Komi 2008, Jovanović and Flanagan 2014). Den andre metoden som ofte blir benyttet foreskriver treningsmotstanden ved tester av det maksimale antall repetisjoner ( $\times$ RM) et individ klarer å gjennomføre ved en gitt treningsmotstand (Komi 2008). Nylig har en annen metode for å regulere treningsmotstanden blitt introdusert, hastighetsbasert styrketrening (HBT). HBT er en treningsmetode som observerer et individs ytelse basert på hastigheten en kan forflytte vekten ved snarere enn antall repetisjoner gjennomført ved en gitt vektmotstand. Under styrketrening gjennomført med maksimal frivillig hastighet vil hastigheten på den konsentriske fasen og dermed også effekten (W) bli redusert med akkumuleringen av repetisjoner (Sánchez-Medina, González-Badillo et al. 2014, Ramírez, Núñez et al. 2015). HBT-metoden har blitt brukt til å undersøke menneskers nevro-muskulære tretthet, hormonelle respons, muskelskade, innsats og treningsmotstand basert på bevegelseshastigheten og hastighetstapet under ST (González-Badillo and Sánchez-Medina 2010, Jidovtseff, Harris et al. 2011, Sanchez-Medina and González-Badillo 2011, Hughes, Banyard et al. 2019). Hastighetsbasert styrketrening kan dermed være av interesse når styrke- og kondisjonstrening, personlig trening, fysioterapeuter og andre gymbaserte deltagere designer treningsprogrammer. Resultatene fra flere studier indikerer at HBT-metoden har et stort potensial for å optimalisere treningsutbyttet (Bosquet, Porta-Benache et al. 2010, Nagata, Doma et al. 2018, Banyard, Tufano et al. 2019). Hvordan ST regulert ved hjelp av ulike hastighetstapgrenser påvirker menneskers atletiske prestasjoner er i liten grad utforsket. Pareja-Blanco mfl. (2017a og 2017b) har sammenlignet effekten av to hastighetstapgrenser, men har imidlertid metodiske begrensinger, fordi treningsvolumet ikke har blitt jevnstilt mellom gruppene. Da treningsvolumet er en primær determinator for treningsutbyttet, kan en dermed ikke gjennom et kausalt forhold sammenligne effektene av to ulike hastighetstap (Rhea, Alvar et al. 2003, Kraemer and Ratamess 2004, Schoenfeld, Grgic et al. 2017).

Formålet med denne studien var dermed å sammenligne effekten av to hastighetsbaserte treningsprogrammer med jevnstilt vektmotstand og treningsvolum. Selve treningen ble gjennomført unilateralt i beinpress og leggekstensjon over ni uker, det ene beinet til deltagerne stoppet settene ved et 30% hastighetstap (HT30) og det andre ved 15% hastighetstap (HT15). Denne masteroppgaven har således bidratt med et originalt arbeid som har kvantifisert og sammenlignet effekten av to hastighetstapgrenser på maksimal styrke, eksplosiv styrke og morfologiske adaptasjoner.

## 2.0 Teori

### 2.1 Styrketrening

Styrketrening er en av de mest utbredte formene for fysisk aktivitet. Trenere, utøvere og atleter er opptatt av å maksimere individers fysiske prestasjoner (Kraemer and Ratamess 2004). Treningen må være designet deretter for å bedre og vedlikeholde utøveres fysiske egenskaper. Styrke kan defineres som den maksimale kraften eller det dreiemomentet (satskraften multiplisert med retning) en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en spesifikk hastighet (Komi 2008). I hovedsak handler styrketrening om å generere maksimal kraft (Helland et al., 2017). Styrketrening kan da defineres som all trening som er ment for å utvikle eller vedlikeholde evnen til å skape størst mulig kraft (eller dreiemoment) ved en spesifikk hastighet (Jaric 2002). For å maksimere treningsutbyttet brukes ofte en progressiv manipulering av det nevro-muskulære stresset (progresjon) ved endringer i treningsvariablene: Vektmotstand, treningsvolum, treningsfrekvens, hvileintervaller, øvelser og rekkefølge, og bevegelseshastigheten (Baker, Wilson et al. 1994, Adams 2002, Rhea, Alvar et al. 2003, Kraemer and Ratamess 2004, de Salles, Simao et al. 2009, González-Badillo, Rodríguez-Rosell et al. 2014, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017).

Treningsutbyttet (maksimal og eksplosiv styrke) og de fysiologiske determinatorene er avhengige av faktorer som individers genetiske forutsetninger, motivasjon, treningserfaring, restitution/søvn, næringsinntak og treningsprogrammets utforming og etterfølgelse (Baker, Wilson et al. 1994, Kraemer and Ratamess 2004). Generelt sett kan en si at mennesker med liten treningserfaring vil respondere bedre (større økning av styrke og hypertrofi) på treningsintervensjoner enn godt trente mennesker (Häkkinen, Pakarinen et al. 1988, Giorgi, Wilson et al. 1998, Rhea, Alvar et al. 2003). Et utrent individ kan forvente relativt store forbedringer i styrke selv med lavere vektmotstand (60% av 1RM) (Rhea, Alvar et al. 2003). For styrketrente individer er det imidlertid avgjørende for treningsutbyttet at vektmotstanden og treningsvolumet er optimalt (>80% av 1RM, 1-6 RM) (Berger 1962, O'Shea 1966, Wilson, Newton et al. 1993, Weiss, Conex et al. 1999, Adams 2002, Peterson, Rhea et al. 2004, Schoenfeld, Grgic et al. 2017).

## 2.2 Adaptasjoner til styrketrening

Både den maksimale styrken og eksplosive styrken et individ klarer å yte er et resultat av komplekse nevrøle og muskulære faktorer som kommuniserer og samarbeider i et tett samspill (Noakes 2011). Langvarig eksponering for styrketrening resulterer i økt muskulær styrke. Dette kan tilskrives en rekke nevrologiske og morfologiske adaptasjoner (Folland and Williams 2007). Noen studier indikerer at de nevrologiske adaptasjonene trolig er de mest dominante initiale mekanismene i styrkeøkningen (Jones and Rutherford 1987, Baker, Wilson et al. 1994, Roth, Ivey et al. 2001, Delecluse, Roelants et al. 2003). Selv om tidlig (< 4 uker) økning i styrke hos utrente individer er etterfulgt av en signifikant økning i den kontraktile kraften, observeres ofte ingen eller små endringer i muskelhypertrofi (Moritani and deVries 1979, Narici, Roi et al. 1989, Akima, Takahashi et al. 1999).

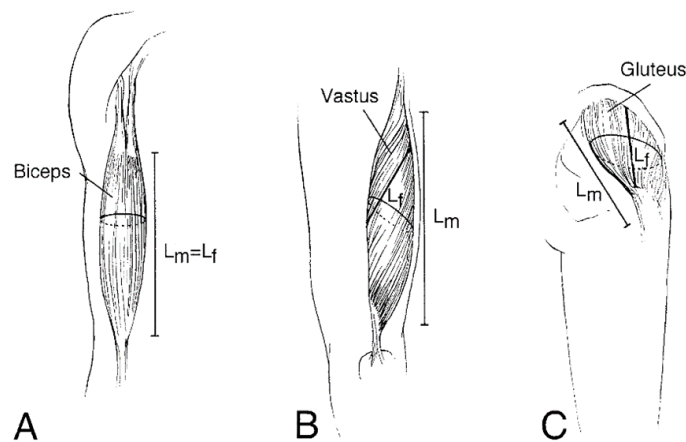
### 2.2.1 Nevrologiske adaptasjoner

På grunn av det store misforholdet mellom økning i styrke og økning i muskeltverrsnitt kan initial styrkeøkning, være et resultat av bedringer i koordinasjon og læring som resulterer i bedret rekruttering og aktivering av muskulaturen som er involvert i spesifikke styrkeøvelser (bedret teknikk) (Sale, MacDougall et al. 1983). Det er vist at samspillet mellom antagonistene, agonistene og synergistene kan forandres ved trening og treningsfravær, og påvirker kraftutviklingen direkte (Hakkinen & Komi. 1983). Evidensen knyttet til de nevrologiske adaptasjonene kan blant annet observeres ved økningen i elektromyografi-verdiene (EMG) målt fra kontraherende muskulatur etter en kort styrketreningsperiode (Aagaard, Simonsen et al. 2002). Endringer i EMG-verdiene tilskrives vanligvis økt motorenhetrekruttering og økt utladingsfrekvens på aksjonspotensialene som når de tilhørende muskelfibrene (Moritani and deVries 1979). Frekvensen på de første aksjonspotensialene vil være høyere enn den neste, såkalte dubletter eller tripletter (to eller tre aksjonspotensialer etter hverandre). Dubletter eller tripletter med høy frekvens kan føre til større kraft (N) og effekt (W) ved raske konsentriske aksjoner (Aagaard, Simonsen et al. 2002). Van Cutsem mfl. (1998) har vist at eksplosiv styrketrening gjennomført fem dager i uken over 12 uker med 30-40% av 1RM, øker kraftutviklingen i den tidlige fasen av en isometrisk øvelse. Studiens resultater indikerte at den økte hastigheten på kraftutviklingen var forårsaket av økt fyringsfrekvens og økt tilstedeværelse av dubletter og tripletter (Van Cutsem, Duchateau et al. 1998). Slike nevrologiske adaptasjoner kan teoretisk sett øke den eksplosive styrken (RFD,0-200ms) (Aagaard, Simonsen et al. 2002).

## 2.2.2 Morfologiske adaptasjoner

For å øke den maksimale styrken og eksplosive styrken er det viktig å vite hvilke morfologiske faktorer en må påvirke og hvordan en kan trene for å påvirke disse. Den muskulære styrken påvirkes av flere faktorer, hvor viktig disse faktorene blir, er blant annet avhengig av typen kontraksjon, musklers lengde, leddvinkling og aktivitetsform (Komi 2008). Musklenes evne til å skape kraft og kontraksjonshastigheten er sterk påvirket av den fysiske orienteringen av muskelfibre innenfor en muskel relativ til den kraftgenererende aksen (muskelarkitektur) (Lieber and Fridén 2000, Azizi, Brainerd et al. 2008). De vanligste arkitektoniske parameterne er fasikkellengde, pennasjonsvinkel, muskeltykkelse og tverrsnittsareal (Abe, DeHoyos et al. 2000, Lieber and Fridén 2001, Blazevich, Gill et al. 2007). Tverrsnittsarealet, muskeltykkelsen og pennasjonsvinkelen til en muskelgruppe er de viktigste morfologiske faktorene for hvor stor kraft som kan skapes ved langsomme kontraksjonshastigheter, mens fibertypesammensetningen og lengden på muskelfibrene (fasikkellengden) er viktige faktorer for den eksplosive styrken (Kawakami, Abe et al. 1993, Abe, Kumagai et al. 2000, Lieber and Fridén 2000, Aagaard, Andersen et al. 2001, Blazevich and Sharp 2005, Azizi, Brainerd et al. 2008, Cormie, McGuigan et al. 2011). Figur 1 viser tre ulike arkitektur varianter som en finner i skjelettmuskulaturen.

### Muskelarkitektur



**Figur 1.** Figuren over viser et forslag til oppfatninger av tre generelle muskulaturarkitekturer. (A) Spolformet arkitektur, hvor muskelfibrene er orientert parallelt med muskelens kraftgenererende akse, som i biceps brachii. (B) Fjærformet arkitektur som i m. Vastus lateralis hvor muskelfibrene er orientert i en fast vinkel i forhold til muskelens kraftgenererende akse. (C) Multipennat arkitektur som i gluteus medius hvor muskelfibrene er orientert i flere vinkler relativ til den kraftgenererende aksen (Lieber and Fridén 2000).

### 2.2.2.2 Muskelarkitektur

Muskelarkitekturen har plastisitet til endring når musklene blir utsatt for ny mekanisk stress (Williams and Goldspink 1978, Kawakami, Abe et al. 1993). Flere har observert at eksplosive øvelser som sprint og spensttrening gjennomført med maksimal mobilisering ved hver repetisjon medfører økt muskulært tverrsnitt og fasikkellengde (flere sarkomerer i serie) (Abe, Kumagai et al. 2000, Blazevich, Gill et al. 2003). Studier har observert signifikant økning av pennasjonsvinklingen (flere sarkomerer parallelt) etter fem til 14 uker med tung styrketrening (80% av 1RM og 3-10RM) (Aagaard, Andersen et al. 2001, Blazevich, Gill et al. 2003). I studien til Aagaard mfl. (2001) var den signifikante økningen av pennasjonen på 36% (fra 8,0° til 10,7°) og den maksimale styrkeøkningen på 16%. I kontrast ble det ikke funnet noen endringer av pennasjonen eller fasikkellengden etter treningsintervensjoner med relativt like treningsvariabler (fem til 12 uker med >80% av 1RM og 6RM) selv med økning av den dynamiske maksimale styrken (5-13%) (Rutherford and Jones 1992, Blazevich, Gill et al. 2007). Rutherford mfl. (1992) resultater kan ha kommet av et relativt lavt treningsvolum. Blazevich mfl. (2007) argumenterer for at styrkeøkningen er et resultat av nevrologiske adaptasjoner, og at fem uker med styrketrening ikke er tilstrekkelig tid for adaptasjoner av muskelarkitekturen. Funnene fra selekterte studier indikerer at adaptasjoner i muskelarkitekturen er oppgavespesifikke, og sterkt påvirket av treningsvariablene og varigheten på treningsintervensjonen (Rutherford and Jones 1992, Abe, DeHoyos et al. 2000, Aagaard, Andersen et al. 2001, Blazevich, Gill et al. 2003, Blazevich, Gill et al. 2007).

### 2.2.2.1 Muskelhypertrofi

Selv om muskelfibre har en relativ konstant fiberdiameter mellom muskler med ulik størrelse, er muskelfiberstørrelsen direkte proporsjonal til menneskers maksimale styrke (Maughan, Watson et al. 1983, Lieber and Fridén 2000, Folland and Williams 2007). Muskelhypertrofi resulterer i økt muskulært tverrsnittareal og muskeltykkelse. Hypertrofiadaptasjoner er i hovedsak en økning i størrelsen på muskelfibrene. Mer spesifikt en økning i antallet og volumet av myofibrillene innenfor de motoriske enhetene. Hypertrofiadaptasjonene er avhengig av to fundamentale fysiologiske endringer: økning i proteinsyntesen og spredning av satellittceller som reparerer og styrker skadet muskelvev (Folland and Williams 2007, Seynnes, de Boer et al. 2007). Den akutte økningen av proteinsyntesen vil kunne måles to til tre timer etter trening, og vil nå sin topp ca. 24 timer etter en treningsøkt (Gibala, MacDougall et al. 1995, MacDougall, Gibala et al. 1995, Phillips 1997).



Etter en relativt kort periode (7-12 uker) med styrketrening har flere observert økt muskeltykkelse og tverrsnitt (Garfinkel and Cafarelli 1992, Rutherford and Jones 1992, Abe, DeHoyos et al. 2000, Phillips 2000). Noen nyere studier har sett en økning i muskeltverrsnittet allerede etter to til tre uker med styrketrening (Abe, DeHoyos et al. 2000, Seynnes, de Boer et al. 2007). Selv om styrketrening promoterer hypertrofi blant alle tre muskelfibertypene i mennesker I, IIA og IIB, er graden av hypertrofi ulik blant fibertypene. Det har blitt vist at type IIA-fibre viser størst vekst, etterfulgt av IIB- og I-fibre (Staron, Karapondo et al. 1994, Green, Goreham et al. 1999, Staron, Hagerman et al. 2000). Hypertrofi av fibertype IIA og IIB er gunstig for menneskers eksplosive styrke ettersom fibertype II kan oppnå en større kontraksjonshastighet enn type I. Flere studier indikerer at musklene har plastisitet til å endre muskelfibertypesammensetningen i respons til styrketrening (IIB til IIA og I til II) (Pette and Staron 1997, Ricoy, Encinas et al. 1998, Scott, Stevens et al. 2001). Videre påvirker også endringer av biokjemiske og hormonelle verdier (testosteron, veksthormoner, kortisol, insulin) og sene- og bindevevsstrukturene menneskers styrke (Kraemer 1987, Kraemer 1991, Adams 1998, Reeves, Maganaris et al. 2003, Crewther, Keogh et al. 2006).

### 2.3 Trening til oppgaveutmattning

Enkelte i styrketreningsmiljøet har foreslått at de største gevinstene i styrke og hypertrofi kommer når settene i styrketreningsøvelsene utføres til oppgaveutmattning /failure (DeLorme 1945, Drinkwater, Lawton et al. 2005). Oppgaveutmattning oppstår vanligvis under styrketrening når musklene ikke klarer å skape tilstrekkelig dreiemoment til å løfte vektmotstanden forbi en kritisk leddvinkel (Jacobson 1981, Stone, Chandler et al. 1996, Willardson 2007). Det har blitt foreslått at flere motoriske enheter blir rekruttert under treningssett til oppgaveutmattning, noe som muliggjør høyere stimuli for morfologiske adaptasjoner (Rooney, Herbert et al. 1994). Flere studier indikerer derimot at tilsvarende eller større gevinster for styrke og hypertrofi kan oppnås uten oppgaveutmattelse (Folland, Irish et al. 2002, Izquierdo, Ibanez et al. 2006, Izquierdo-Gabarren, EXPÓSITO et al. 2010). Medina og Badillo (2011) har observert en signifikant økning av konsentrasjonen av ammoniakk ved trening til oppgaveutmattning kontra ikke. Ammoniakk-konsentrasjonen er en indikasjon på høyere akselerasjon av purin nukleotid- nedbryting, noe som dermed antyder at treningsprogrammer gjennomført til oppgaveutmattning medfører lengre restitusjonsperioder (Sanchez-Medina and González-Badillo 2011, González-Badillo, Rodríguez-Rosell et al. 2016, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017). Det har også blitt vist at

oppgaveutmattning medfører lavere treningsvolum ved påfølgende sett (Willardson and Burkett 2006, Willardson 2007). Trening til oppgaveutmattning kan teoretisk sett medføre ugunstige konsekvenser som lavere treningsfrekvens, treningsvolum og tid under belastning (Adams 2002, Kraemer and Ratamess 2004, Schoenfeld, Ogborn et al. 2017, Grgic, Schoenfeld et al. 2018). Det er vist at trening til oppgaveutmattning også kan medføre reduksjon i testosteronkonsentrasjonen under hvile (Willardson, Norton et al. 2010). Norgesmestre, europamestre og verdensmestre har oftest en treningsfrekvens på fem til seks dager i uken, og gjennomfører som regel ikke repetisjoner til oppgaveutmattning (Shaw, Andersen et al. 2020). Dette kan være et argument for hvor stor betydning treningsvolum og frekvens har for treningsutbyttet.

## 2.4 Muskelstyrke

Prestasjoner innenfor idrett er, som for all fysisk aktivitet resultatet av koordinerte aktiviseringer av den riktige skjelettmuskulaturen. Skjelettmuskulaturen virker gjennom kroppens sene- og skjelettsystem og skaper kraften som kan overføres til bevegelse. Det er vanlig å skille mellom maksimalstyrke (isometrisk og dynamisk) og eksplosiv styrke. Flere har vist at styrkeøkende adaptasjoner er oppgavespesifikke, det vil i praksis si at det ikke er en direkte overførbarhet fra dynamisk til isometriske øvelser og motsatt (Baker, Wilson et al. 1994, Giorgi, Wilson et al. 1998, Mcguigan, Newton et al. 2010).

### 2.4.1 Eksplosiv styrke

Eksplosiv styrketrening defineres som all trening som gjennomføres ved maksimal mobilisering i hver repetisjon (Cormie, McGuigan et al. 2010, Ramírez, Núñez et al. 2015, Maffiuletti, Aagaard et al. 2016). Eksplosiv styrke er ratioen mellom kraft/tid og uttrykkes blant annet ved effekt watt (W) eller rate of force development (RFD) (Harris, STONE et al. 2000, Lieber and Fridén 2001). Maksimal effekt oppnås ved optimale verdier av kraft og hastighet, fordi effekt er produktet av disse to parameterene. Forbedringer etter eksplosiv styrketrening inkluderer ofte forbedringer i maksimal effekt (PP) (McBride, Triplett-McBride et al. 2002, Cormie, McCAULLEY et al. 2007, Harris, Cronin et al. 2008, Winchester, McBride et al. 2008), RFD (Aagaard, Simonsen et al. 2002, Winchester, McBride et al. 2008), stille hopp (CMJ) og statisk hopp (SJ) (McBride, Triplett-McBride et al. 2002, Cormie, McCAULLEY et al. 2007) samt den maksimale hastigheten (PV) og gjennomsnittlige bevegelseshastigheten (AV) ved absolutte vektmotstand (Cormie, McCAULLEY et al. 2007, Winchester, McBride et al. 2008, González-Badillo and Sánchez-Medina 2010). Eksplosiv

styrke er direkte relatert til egenskapen til å akselerere objekter, inkludert kroppsmassen. Som eksempel har bevegelser som sprintløping, boksing og karate ofte en kontraksjonstid på 50-250ms, i kontrast tar det lenger tid å oppnå maksimal kraft (N) i styrkeøvelser (Thorstensson, Karlsson et al. 1976). Studier indikerer at å trene ved maksimal mobilisering er bedre enn halvert mobilisering og nødvendig for optimal økning for både maksimal- og eksplosiv styrke (Behm and Sale 1993, Crewther, Keogh et al. 2006, González-Badillo, Rodríguez-Rosell et al. 2014).

Flere har foreslått å gjennomføre eksplosiv trening med den vektmotstanden som resulterer i høyest effekt, ofte 60% av 1RM eller lavere (Baker, Nance et al. 2001, Cormie, McCaulley et al. 2007). Eksplosiv styrketrening med lavere vektmotstand (<60% av 1RM) gir små til moderate forbedringer i 1RM (6,6% til 12,4%), men større økning i sprinttider, maksimal effekt PP og maksimal hastighet (PV) sammenlignet med høyere vektmotstand (>70% av 1RM) (Moss, Refsnes et al. 1997, Jones, Bishop et al. 2001, Blazeovich and Jenkins 2002, Harris, Cronin et al. 2008). I en studie av Wilson mfl. (1993) med styrketrente menn ble det funnet at knebøyhopp med 30% av maksimal isometrisk kraftutvikling medførte signifikant større forbedringer i CMJ og SJ sammenlignet med tung styrketrening (knebøy 6-10RM) og tilnærmet lik forbedring i PP (Wilson, Newton et al. 1993). McBride mfl. (2002) indikerer at trening med 30% av 1RM i knebøyhopp resulterer i økt maksimal bevegelsehastighet PV, noe som dermed vil forbedre egenskapen til å akselerere egen kroppsmasse (McBride, Triplett-McBride et al. 2002). Imidlertid vil ST med høyere vektmotstand (>70% av 1RM) være gunstig å implementere for den eksplosive styrken ved å øke den maksimale styrken (Kaneko 1983, Newton, Murphy et al. 1997, McBride, Triplett-McBride et al. 2002, Cormie, McCaulley et al. 2007). Teoretisk sett skal økt maksimal styrke påvirke PP og PV, fordi en gitt absolutt vektmotstand vil representere en lavere prosent av 1RM, som vil gjøre vekten enklere å akselerere.

## 2.5 Hastighetsbasert styrketrening

Det er flere måter å kontrollere treningsmotstanden på. De fleste styrketreningsprogrammene er basert på et treningssystem gjennomført til en gitt repetisjon maksimum ( $\times$ RM) tung (3-5), medium (9 eller 10) og lette (15-18) (Komi 2008).  $\times$ RM-metoden innebærer dog at treningssettene utføres til en ikke klarer å gjennomføre flere repetisjoner (oppgaveutmattning) noe som kanskje ikke er ideelt for alle idrettsutøvere (Adams 2002, Willardson 2007, Izquierdo-Gabarren, EXPÓSITO et al. 2010, Willardson, Norton et al. 2010, Sanchez-Medina

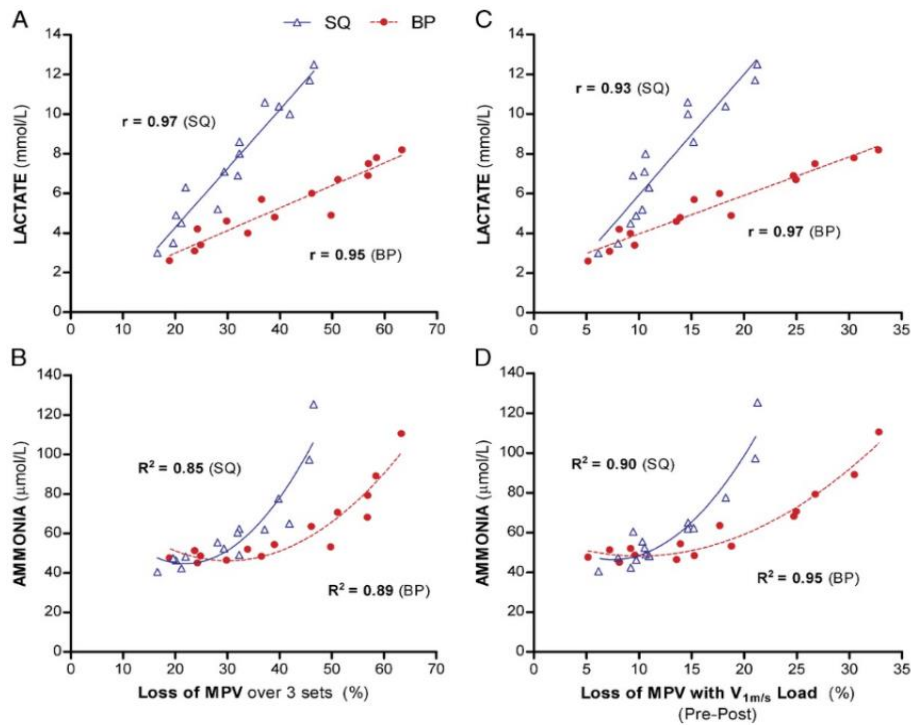
and González-Badillo 2011, González-Badillo, Rodríguez-Rosell et al. 2016). En kan også kontrollere treningsmotstanden ved å trene ved en gitt prosent av 1RM (relativ vektmotstand (% av 1RM)). 1RM-metoden har imidlertid utfordringer når den ikke tar stilling til individers daglige svingninger i styrke (-18 til +18% variasjon i styrke) (Jovanović and Flanagan 2014). Blanco med kollegaer (2011) har foreslått en alternativ metode for å regulere treningsmotstanden, hastighetsbasert styrketrening (HBT). HBT-metoden foreslår å foreskrive treningen basert på hastigheten av den konsentriske fasen. Først blir repetisjoners gjennomsnittlige hastighet, som er relatert til vektmotstanden målt, dernest blir det maksimale prosentvis hastighetstapet som tillattes innenfor hvert sett satt. Når hastighetstapet er nådd (hastighetstapgrensen) avsluttes settet.

I følge González-Badillo mfl. (2010) eksisterer det et stabilt og lineært forhold mellom % av 1RM og den gjennomsnittlige konsentriske hastigheten (0,00-0,01 variasjon pre og post intervensjon) (figur 3). Dette lineære forholdet gjør det mulig å estimere den virkelige treningsmotstanden og innsatsen med høy presisjon når sette gjennomføres med maksimal mobilisering i hver repetisjon (Pearson, Cronin et al. 2009, González-Badillo and Sánchez-Medina 2010, Sánchez-Medina, González-Badillo et al. 2014, Pareja-Blanco, Sánchez-Medina et al. 2017, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017). Det er et godt kjent fenomen at bevegelsehastigheten reduseres med økende antall gjennomførte repetisjoner ved dynamisk muskelarbeid (Izquierdo, González-Badillo et al. 2006, Lawton, Cronin et al. 2006, Duffey and Challis 2007). Det er derimot ikke før nylig at det har blitt forsket på sammenhengen mellom hastighetstapet under dynamiske muskelkontraksjoner og det akkumulerte metabolske og nevromuskulære stresset (figur 2) (Sanchez-Medina and González-Badillo 2011, González-Badillo, Rodríguez-Rosell et al. 2014, Hughes, Banyard et al. 2019).

Resultatene fra flere studier indikerer at det blir mulig å nøyaktig estimere det metabolske- og nevromuskulære stresset ved å kvantifisere hastighetstapet under dynamisk arbeid (Sanchez-Medina and González-Badillo 2011, González-Badillo, Rodríguez-Rosell et al. 2014, Hughes, Banyard et al. 2019). Sanchez-Medina mfl. (2011) kan vise til en lineær økning i konsentrasjonen av laktat og en krumlinjet økning i ammoniakk i musklene i korrelasjon med hastighetstapet under knebøy og benkpress (figur 2). Implikasjonene fra González-Badillo og Sánchez-Medina sine studier er at HBT-metoden kan brukes som et verktøy for objektivt å måle, regulere og dosere det nevromuskulære stresset basert på menneskers evne til å

opprettholde en gitt bevegelseshastighet. HBT-metoden kan dermed sikre høyere kvalitet på både eksplosiv- og maksimal styrketrening som dernest kan resultere i bedret treningsutbytte (González-Badillo and Sánchez-Medina 2010, Sanchez-Medina and González-Badillo 2011, Jovanović and Flanagan 2014).

## Forhold mellom Hatighetstap og metabolske verdier



**Figur 2.** Forholdet mellom relativt hastighetstap (x-aksen) over tre sett og topp post-sett: (A) laktat og ammoniakk (B) (y-aksen). Den blå linjen markert med SQ representerer verdiene til knebøygruppen, den røde linjen representerer verdiene fra benkpressgruppen (Sanchez-Medina and González-Badillo 2011).

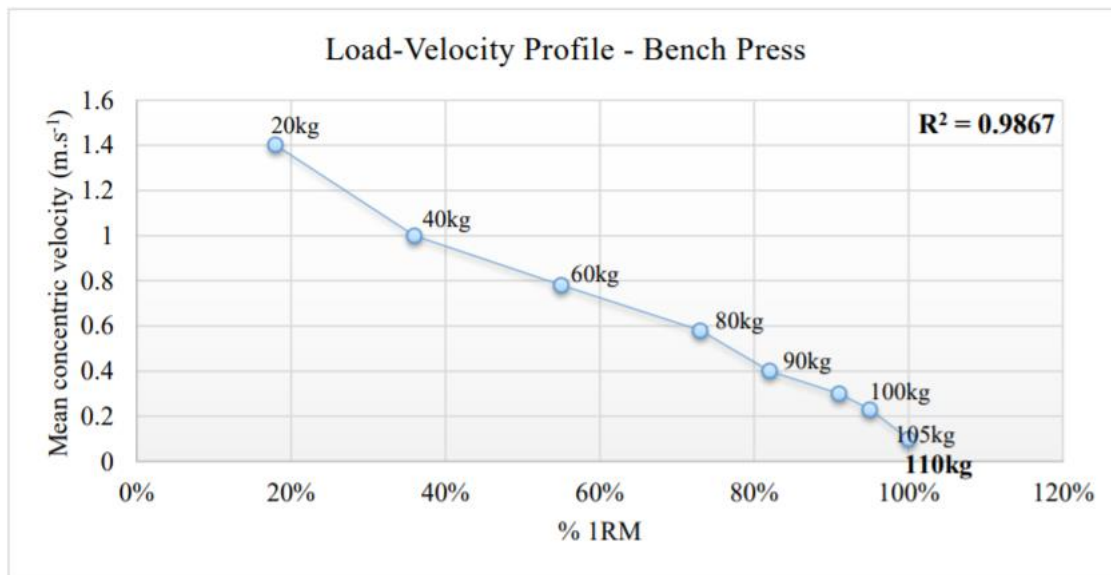
### 2.5.1 Regulering av metabolsk og nevro-muskulærtretthet

Det er flere som finner at trening til oppgaveutmatting kan medføre en rekke ugunstige metabolske, hormonelle og praktiske konsekvenser som kan virke hemmende for styrke og hypertrofiøkende adaptasjoner (Kraemer and Ratamess 2004, Andersen, Andersen et al. 2005, Sanchez-Medina and González-Badillo 2011, González-Badillo, Rodríguez-Rosell et al. 2016, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017, Schoenfeld, Ogborn et al. 2017). HBT kan benyttes som et redskap for å hindre oppgaveutmatting (Bosquet, Porta-Benache et al. 2010, González-Badillo and Sánchez-Medina 2010, Jidovtseff, Harris et al. 2011, Sanchez-Medina and González-Badillo 2011, Sánchez-Medina, González-Badillo et al. 2014, Hughes, Banyard et al. 2019). I HBT avsluttes settet når fallet i hastigheten på en repetisjon kommer under en gitt hastighet. Dette vil teoretisk sett redusere akkumuleringen av ammoniakkonsentrasjonen og dermed også sannsynlig redusere restitusjonstiden (Sanchez-Medina and González-Badillo 2011). Redusert restitusjonstid kan muliggjør gjennomførelsen av flere treningsøkter per uke per muskelgruppe som dernest kan medføre et større treningsvolum og muskulært stress som er viktige variabler for hypertrofiske og styrkeadaptasjoner (Folland, Irish et al. 2002, Rhea, Alvar et al. 2003, Kraemer and Ratamess 2004, Schoenfeld, Ogborn et al. 2017).

### 2.5.2 Kraft-hastighet

HBT- metoden kan brukes til å utvikle en kraft-hastighetsprofil (figur 3). For atleter i spesifikke øvelser (González-Badillo and Sánchez-Medina 2010). En kraft-hastighetsprofil muliggjør overvåking av progresjon over tid. Ved å overvåke hastighetsparametere som gjennomsnittlig hastighet (AV), maksimal hastighet (PV), gjennomsnittlig effekt (AP) og maksimal effekt (PP), kan trenere og utøvere ta beslutninger på hvilke egenskaper som må forbedres i henhold til de fysiske kravene fra spesifikke idretter. I følge Gonzales-Badillo mfl. (2010) vil en økning av AV på 0,07-0,09 m/s ved absolutte vektmotstander tilsvare en forbedring i 1RM på omtrent fem prosent.

## Kraft-hastighetsprofil



**Figur 3:** En atlets intensitet-hastighetsprofil for benkpress. AV (m/s) er plottet i y-aksen og relativ vektmotstand (% 1RM) er plottet i x-aksen (Jovanović and Flanagan 2014).

### 2.5.3 Hastighetsbasert styrketrening mot tradisjonell styrketrening

Banyard mfl. (2018) har sammenlignet hastighetsparameterne: AV og PP mellom treningsprogram a) tradisjonell tung styrketrening: fem ganger fem repetisjoner, og treningsprogram b) som gjennomførte fem sett til et hastighetstap på 20% HT20 (tilsvarende 4-6 repetisjoner). Begge gruppene trente med en relativ vektmotstand på 80% av 1RM. Deltagerne i treningsprogram b) hadde gjennomført repetisjonene med signifikant høyere AV og PP. Bruk av tilbakemeldinger på hastighet har vist å resultere i bedre treningskvalitet (Randell, Cronin et al. 2011, Nagata, Doma et al. 2018).

### 2.5.4 Styrketrening regulert på bakgrunn av hastighetstap

Pareja-Blanco mfl. (2017) har sammenlignet effektene av to knebøyprogrammer, med jevnstilt vektmotstand (50-70% av 1RM), antall sett og hvileintervaller. Det eneste som var ulikt mellom gruppene var hastighetstapet som ble tillatt innenfor hvert sett, 15% (HT15) mot 30% (HT30). Resultatene viste at bare HT15 hadde signifikant økning i 1RM. Videre hadde HT15 signifikant større forbedring i CMJ- høyden, mens begge gruppene oppnådde



signifikant forbedret 20 meter sprinttider. Studien har imidlertid metodiske begrensinger som Pareja-Blanco mfl. (2017) andre hastighetsbaserte studie som sammenlignet effektene av to hastighetsbaserte (40% mot 20% hastighetstap) knebøy-programmer. Ingen av disse studiene har jevnstilt det totale treningsvolumet mellom gruppene i studiene (Pareja-Blanco, Sánchez-Medina et al. 2017, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017). Men begge studienes resultater viser at et lavere hastighetstap (15% og 20% mot 30% og 40%) medfører tilsvarende økning i maksimalstyrke sammenlignet med et høyere hastighetstap og et høyere treningsutbytte for eksplosiv styrke (Pareja-Blanco, Sánchez-Medina et al. 2017, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017).

Pérez- Castilla mfl. (2018) har oppdaget den metodiske begrensningen i Pareja-Blanco mfl. (2017a og 2017b) studier. Han har jevnstilt treningsvolumet i sin studie og sammenlignet effekten av et 10% hastighetstap, mot et 20% hastighetstap innenfor hvert sett på deltageres eksplosive styrke (hastighet og kraft). Etter fire uker med knebøyhopp gjennomført ved 40% av 1RM viser resultatene at det ikke hadde forekommet noen signifikante forskjeller mellom effekten av de to gruppene i studiet (HT10% mot HT20%). Begge gruppene hadde endret kraft-hastighetsforholdet ved en økning av PV ved absolutte vektmotstander men med ingen endring av kraftkomponentene (PP og MF). Det må dog påpekes at denne studien også har en metodisk begrensning. Hvileintervallene mellom settene ble ikke standardisert, noe som dermed medførte variasjon i antallet repetisjoner deltagerne kunne gjennomføre før de nådde hastighetstapgrensene (Willardson and Burkett 2005, Pérez-Castilla, García-Ramos et al. 2018). Pérez castilla mfl. (2018) foreslår dermed en kombinasjon av tradisjonell styrketrening med et fikset antall repetisjoner per sett, i kombinasjon med overvåking av hastigheten, for mer presis forskriving av vektmotstand og innsats.

## 2.6 Oppsummering av teori

Hastighetsbasert styrketrening overvåker hastigheten mennesker klarer å gjennomføre repetisjoner ved. Det har vist seg at denne overvåkingen muliggjør kvantifisering i sanntid av menneskers nevro-muskulære tretthet, metabolsk stress, hormonelle respons, muskelskade, innsats og treningsmotstand (González-Badillo and Sánchez-Medina 2010, Jidovtseff, Harris et al. 2011, Sanchez-Medina and González-Badillo 2011, Hughes, Banyard et al. 2019).

Hastighetsbasert styrketrening har blitt vist å bedre treningskvaliteten sammenlignet med mer tradisjonelle metoder som % 1RM (Banyard, Tufano et al. 2019). Et fåtall studier har sammenlignet effekten av å stoppe treningssettene ved en bestemt hastighetstapgrense Pareja-

Blanco mfl. (2017a og 2017b). Men ingen av disse studiene har tatt høyde for ulikhetene mellom treningsvolumet gjennomført av gruppene. En annen studie Pérez-Castilla mfl. (2018) har jevnstilt treningsvolumet, men har ikke standardisert hvileintervallene. Dagens grunnlag for å si noe håndfast om ulikheter i effekter mellom hastighetstapgrenser er dermed svekket.

## 3.0 Hensikt

Min studie hadde som målsetning å analysere effektene av to hastighetsbaserte styrketreningsprogrammer som brukte lik vektmotstand, hvileintervaller og treningsvolum, men ulik grad av hastighetstap innenfor hvert sett. Repetisjonsvolumet og trettheten i musklene ble regulert ved hastighetstapet under hvert treningssett som var den uavhengige variabelen: 15% (HT15) vs. 30% (HT30). Min studie har tatt stilling til metodiske begrensinger fra tidligere hastighetsbaserte studier og har således bidratt med et originalt arbeid som kan bidra til økt kunnskap.

### 3.1 Problemstilling

Hvordan påvirker to hastighetsbaserte treningsprogrammer (HT30 og HT15) med jevnstilt treningsvolum, vektmotstand og hvileintervaller deltagernes muskelarkitektur, maksimale styrke og eksplosive styrke.

#### 3.1.1 Hypotese 1

Jevnstillingen av treningsvolum og vektmotstand, uavhengig av hastighetstap, vil ikke medføre signifikante forskjeller i maksimalstyrke mellom hastighetstapene.

#### 3.1.2 Hypotese 2

Hastighetstapgrense 15% og 30% vil medføre høyere PP og RFD, men igjen signifikante forskjeller mellom hastighetstapene.

#### 3.1.3 Hypotese 3

Ingen av hastighetsreguleringene vil medføre endring av hastigheten (AV og PV) ved relative vektmotstander (30-75% av 1RM).

#### 3.1.4 Hypotese 4

Akkumuleringen av flere repetisjoner per sett, vil for HT30 medføre større hypertrofisk effekt.

## 4.0 Metode

### 4.1 Design

For å kunne besvare problemstillingen på en adekvat måte ble et within and between studiedesign valgt. Studien var en intervensjonsstudie hvor alle deltagerne gjennomførte begge de hastighetsbaserte treningsprogrammene: Hastighetstap 30% på ene og 15% på det andre beinet (unilateral HBT). Deltagerne gjennomførte treningen to dager i uken i øvelsene beinpress og kneekstensjon med lik relativ vektmotstand (75 til 80% av 1RM) og jevnstilt treningsvolum over en intervensjonsperiode på ni uker. Måleparametrene som ble inkludert for styrkeparametere pre og post trening blir nå beskrevet i virkelig testrekkefølge: For fysiologiske parametere ble følgende målinger gjennomført: Muskelmasse (kg og %) i høyre og venstre bein, fettmasse (kg), KMI (kg/m<sup>2</sup>) og vekt (kg) ved bruk av en bioelektrisk impedansvekt. Muskelarkitektur: Muskeltykkelse, fasikkellengde og pennasjonsvinkling på m. vastus lateralis og muskeltykkelse på m. rectus femoris ble målt med ultralydmålinger. Det funksjonelle parameterne var: Eksplosiv dynamisk beinpresstyrke AV(m/s), PV(m/s) og PP(W). Maksimal dynamisk styrke [1RM (kg)], isometrisk eksplosiv styrke (gjennomsnitt grad av kraftutvikling (RFD) og isometrisk maksimal styrke [maks kraft (N)].

### Testrekkefølge

**Tabell 1.** Oversikt testrekkefølgen: tilvenning, pre-tester, intervensjon, tilvenning og post-tester.

Tilvenningstester	Pretester	Intervensjon	Tilvenningstester	Posttester
-Eksplosiv styrke -1RM	<b>Dag en:</b> - Høyde - Kroppssammensetning - Ultralyd  <b>Dag to:</b> -Eksplosiv styrke -Maksimal dynamisk styrke -Maksimal isometrisk styrke	-Beinpress -Leggekstensjon	- 1RM	<b>Dag en:</b> - Høyde - Kroppssammensetning - Ultralyd  <b>Dag to:</b> -Eksplosiv styrke -Maksimal dynamisk styrke -Maksimal isometrisk styrke



## 4.2 Deltagerne

Deltagerne i forskningsprosjektet ble rekruttert fra Høgskolen på Vestlandet (HVL) Campus Sogndal. Rekrutteringen ble gjennomført ved at plakater ble hengt opp på skolen og det ble også gjennomført verbal rekruttering i klasserom og på Spenst treningssenter. N=21 styrketrente (erfaring  $4,5 \pm 1,4$  år), (antall treningsdager i uken  $3,9 \pm 1,1$  dager) 10 menn og 11 kvinner valgte å delta i treningsintervensjonen. For detaljer om forsøkspersonene, se tabell 2. Før tilvenningsøkten ble det gjennomført stratifisert randomisering av hvilket av beinene til deltagerne som skulle stoppe treningssettet ved en 30 % og 15 % reduksjon i bevegelseshastigheten (hastighetstapgrense). Randomiseringen ble gjort ved hjelp av [randomizer.org](http://randomizer.org).

Med bakgrunn i funnene fra (Kearns, Isokawa et al. 2001) ble det besluttet å fordele antallet dominante bein i hver gruppe så tilnærmet likt som mulig. Det dominante beinet ble i dette forskningsprosjektet definert som det koordinasjonsdominante (beinet deltagerne sparket ball med). Deltagerne ble informert om å frstå fra annen styrketrening på beinmuskulaturen og spensttrening i løpet av test og intervensjonsperioden. Deltagelse i forskningsprosjektet var frivillig. Før tilvenningstest måtte alle deltagerne skrive under på samtykkeskjemaet (vedlegg 1). Deltagerne ble både skriftlig og muntlig informert om at de når som helst kunne trekke sitt samtykke uten å gi noen begrunnelse. Informasjon vedrørende tester, testprosedyrer og testtidspunkt ble gitt både skriftlig og muntlig. Alle personopplysninger om deltagerne ble anonymisert (deltagernummer). Samtlige deltagere ble muntlig og skriftlig informert om mulige konsekvenser av å delta i prosjektet. Før prosjektet startet ble det gitt godkjenning fra Norsk senter for forskningsdata (NSD) (ref.nr: 426586). Denne masteroppgaven er en del av et større forskningsprosjekt på HBT og er godkjent av NIHs etiske komité. Videre følger studien retningslinjer fastsatt av Helsinki deklarasjonen.

## Deskripsjon av deltagerne

**Tabell 2.** Pretest- data av kroppssammensetning og antropometrisk beskrivelse av mannlige og kvinnelige deltagere. Data er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  Standardavvik (SD).

<b>Alder (år)</b>	22,33 $\pm$ 4,01
<b>Høyde (cm)</b>	171,77 $\pm$ 8,46
<b>Kroppsmasse (kg)</b>	70,81 $\pm$ 9,89
<b>Fett (%)</b>	22,82 $\pm$ 7,08
<b>Fett-fri masse (%)</b>	73,29 $\pm$ 6,74
<b>Trenings erfaring (år)</b>	4,50 $\pm$ 1,42
<b>Ukentlig treningsfrekvens (dager)</b>	4,0 $\pm$ 1,18

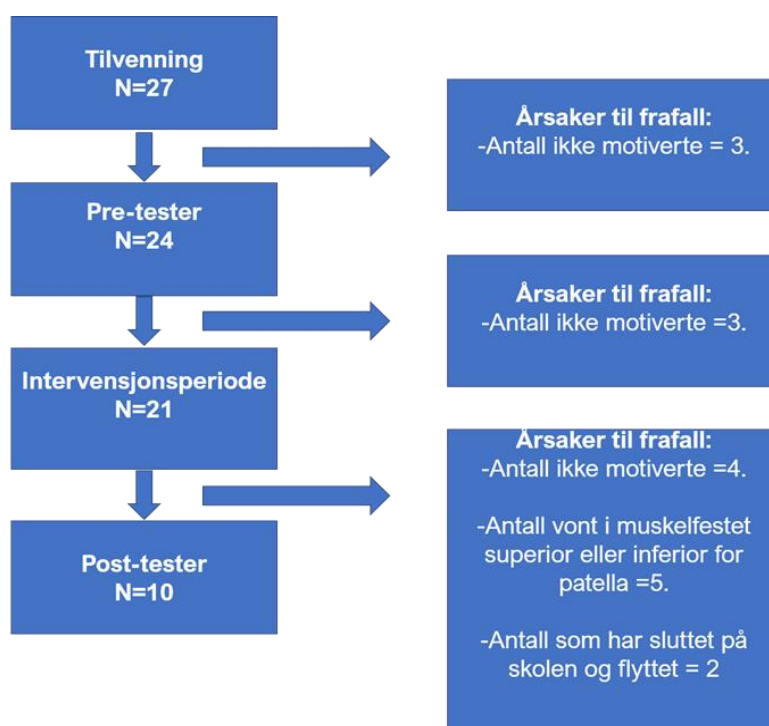
### 4.2.1 Inklusjonskriterier og eksklusjonskriterier

Informasjonen som inkluderte eller ekskluderte deltagerne fra forskningsprosjektet ble innhentet ved samtaler med hver enkelt av de mulige kandidatene. Inklusjonskriteriene for deltagerne var som følger: Alder mellom 18-35 år, deltagerne måtte ha vært skadefri de siste seks månedene og måtte ha minimum to års erfaring fra styrketrening. Eksklusjonskriteriene var som følger: Individuer som brukte, eller har brukt, prestasjonsfremmende midler ble ekskludert. Personer som hadde, eller har hatt, sykdommer som svekker muskler eller ledd ble også ekskludert fra å delta. Personer som ikke klarte å gjennomføre øvelsene med riktig teknikk, og dermed stod i fare for å pådra seg skader under intervensjonen, ble ekskludert fra å delta. Individuer som ikke gjennomførte 90% av treningsprogrammet (Per protocol-analyse) ble ekskludert. Gjennomsnittlig fravær fra tilvenningsøkten til post-testene var  $6,72 \pm 1,05\%$ .

### 4.2.2 Frafall fra studiet

Studier med et longitudinell design, som denne studien er ofte truet av frafallbias. I denne studien var det N=27 deltagere som deltok på tilvenningsøkten. Ved post-testene var det N=10 deltagere som hadde gjennomført treningsintervensjonen (se figur 4). Dette tilsvarer et frafall på 62,96%. Det var hovedsakelig tre årsaker til frafall som deltagerne valgte og rapporterte. Årsak 1: 29,41% deltagerne sa de opplevde smerter i ligamentum patellae eller patellasehne under eller etter øvelsen leggekstensjon. Årsak 2: 58,82% av frafallet skyldes manglende motivasjon, deltagerne sa treningsformen var for tung og ensidig. Årsak 3: 11,77 % av deltagerne sluttet på studiet og flyttet.

## Frafall fra studiet



**Figur 4.** Frafallet og årsaker til frafall gjennom intervensjonsperioden.

### 4.3 Tilvenningstester

For å redusere læringseffekten og for å sikre tilnærmet like forsøksbetingelser for hver test og deltager, ble det gjennomført tilvenningstester syv dager før pretestene og posttestene (Farinatti, Geraldés et al. 2013). Et goniometer (Kaeu Goniometer 360 grader, 30cm) ble brukt for å måle og justere vinklingen mellom femur og tibia til 90° (ESCAMILLA, FLEISIG et al. 2001). Deltagerne presset isometrisk i nedre posisjon (90°) ved målinger av beinvinklingen, for å kompensere for slingringen i beinpress-sleden (fem cm) og puten som presses lenger inn ved høy vektmotstand. Målingene ble gjennomført ved at goniometerskivens omdreiningsspunkt ble plassert på patellas midtpunkt, dernest ble goniometerarmene justert til armene var i en rett linje med femur og tibias vinkling. Deltagerne ble anmodet om å gjøre sammentrekninger av muskulaturen langs ryggsøylen og holde et fast grep om apparatens håndtak for å stabilisere kroppen og holde en nøytral ryggsøyle under alle repetisjonene ved trening og styrketestene.

#### 4.3.1 Testprosedyre beinpress

I beinpressapparatet [Technogym, selection line (Cesena, Italia)] ble følgende standardiseringer gjennomført: Underfotens plassering i høyde og bredde (cm) samt seteplasseringen. Deltagerne fikk selv velge avstanden underfoten skulle plasseres fra sentrum av fotplaten, men ble anmodet om å prøve seg frem til foretrukket distanse ved å gjennomføre flere kontinuerlige repetisjoner (Escamilla, R. F et al., 2001). Ettersom treningen ble gjennomført unilateralt ble beinet som skulle hvile plassert i full ekstensjon på gulvet i øvelsen beinpress (figur 5). Deltagerne ble instruert og informert om at ryggspyrens thorakale del, og sakrale del, samt gluteus maximus skulle være i kontakt med seteryggen og setet under alle repetisjonene, settene, øvelsene og øktene. Videre ble deltagerne informert om at øvre del av ryggspyren (cervical del) og hodet skulle holdes nøytralt under øvelsene.

#### 4.3.2 Testprosedyre leggekstensjon

I leggekstensjon [Technogym, selection 900-Leg Extension (Cesena, Italia)] ble det gjennomført følgende standardiseringer under tilvenningsøkt en: Seteplasseringen, svingarmens puteplasseing og svingarmens vinkling (90°). Svingarmens pute ble plassert mellom medial malleolus og lateral malleolus. I øvelsen leggekstensjon ble hvilebeinet plassert likt som det arbeidende beinet (figur 5), men var ikke medvirkende til kraftoverføring hverken i den eksentriske eller konsentriske fasen av øvelsen. Standardiseringene av deltagerens ryggspyre, hodet, armer og gluteus maximus var i leggekstensjon som i beinpress.

#### Sittestilling i øvelsene



**Figur 5.** Viser de standardiserte sittestillingene i beinpress illustrert til venstre, og leggekstensjon illustrert til høyre (fra Stien mfl., 2020).



### 4.3.3 Tilvenningstest

Tre minutter etter den generelle oppvarmingen (fem minutter på ergometersykkel (effekt = 80W) og den oppgavespesifikke oppvarmingen i beinpress (10 × 40kg, 6 × 50kg, 4 × 70kg), fikk hver deltager muligheten til å gjennomføre fem unilaterale forsøk for å oppnå 1RM i beinpress og leggekstensjon. Deltagerne hadde tre minutters pause mellom hvert forsøk. De kinematiske parameterne fra hver enkelt måling ble kvantifisert med den lineære hastighetsmåleren med tilhørende DSU, programvare og datamaskin (muscleLab, 1080, Ergotest AS, Langesund, Norge). Deltagerne valgte vektmotstanden de ville forsøke 1RM ved, med bakgrunn i den subjektive følelsen av anstrengelse fra det siste oppvarmingssettet. Etter første forsøk ble vektmotstanden valgt av deltagerne i samråd med anbefalinger fra testleder. Testleder tok utgangspunkt i teknisk utførelse og deltagerens subjektive vurdering av anstrengelse. Vektmotstanden under 1RM-forsøkene ble tilpasset med økning eller senkning av vektmotstanden til nærmeste ±1kg. Den høyeste vektmotstanden deltagerne klarte å gjennomføre med fullstendig bevegelsesbane (90° til 180°) ble anerkjent som deres reelle 1RM. 1RM ble oppnådd med en gjennomsnittlig hastighet (AV) på  $0,16 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ , SD=0,00 i beinpress.

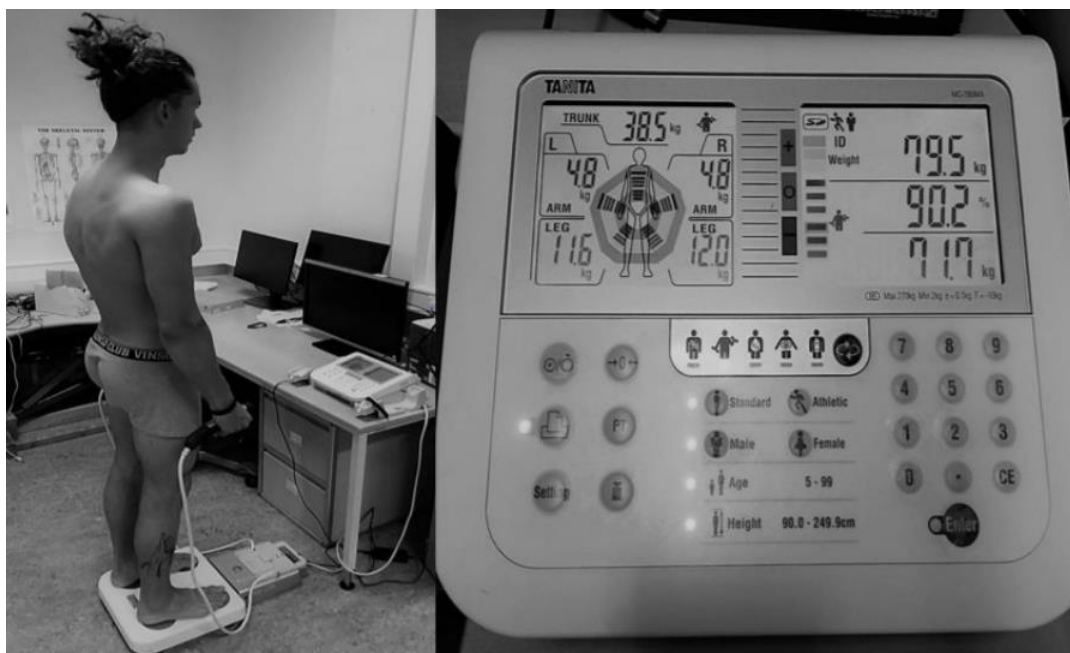
## 4.4 Testprotokoll

Testene ble gjennomført over to dager med 24-48 timers mellomrom. Alle testene bortsett fra de antropometriske målingene, ble gjennomført unilateralt. Videre gjennomførte alle deltagerne målingene individuelt og i en standardisert rekkefølge (tabell 1). Første dag ble det gjennomført kvantifiseringer av de fysiologiske parametere (varighet 30 minutter). Andre dag ble det gjennomført målinger av styrkeparametere (varighet 60 minutter). Deltagerne ble informert om å avstå fra trening og alkohol de siste 48 timene før testtidspunktet. De samme lokalene [spenst treningssenter (22°C), apparatene, utstyret, testledere og testprosedyrene ble benyttet på pretestene og posttestene. Under testene av deltagerens styrkeparametere ble de individuelt standardiserte sittestillingene brukt. Testene ble gjennomført ved tilnærmet lik tid på døgnet (± to timer).

#### 4.4.1 Kroppssammensetning

Antroposentrisk og kroppssammensetningsparameterne ble kvantifisert ved hjelp av en bioelektrisk impedansvekt av typen Tanita MC-780 (Corporation 14-2, 1-Chome, Maeno-Cho Itabashi-Ku, Tokyo, 174-8630, Japan). Alle deltagerne ble informert om ikke å spise eller drikke de åtte siste timene før testene. Deltagerne møtte til målingene ikledd en lett overdel og shorts ved både pre- og posttestene. Vekten på klærne til deltagerne ble estimert og standardisert til 0,4kg for alle deltagerne. Testlederen skrev inn kjønn, alder, høyde, deltagernummer og registrerte alle deltagerne som standard i Tanita-maskinens kontrollpanel før analysene ble satt i gang. Hvert individ stilte seg på fotplaten uten sokker på maskinens sirkulære elektroder og tok tak i de håndholdte elektrodene med et fast grep langs siden av kroppen i en avslappet og naturlig stående posisjon (figur 6). Resultantene ble lagret på en innebygget harddisk (SD) for senere analyser. Kroppssammensetningsparameterne som ble brukt i dette forskningsprosjektet, var som følger: Muskelmasse (kg og %) i høyre og venstre bein, fettmasse (kg), BMI (kg/m<sup>2</sup>) og vekt (kg). Tanita MC-780 er en multifrekvens- segment-kroppsanalysevekt med tre frekvenser, som har vist seg å gjøre nøyaktige og valide kropps- og segmentmålinger av hele kroppen (Verney, Schwartz et al. 2015).

#### Målinger av antropometriskdata

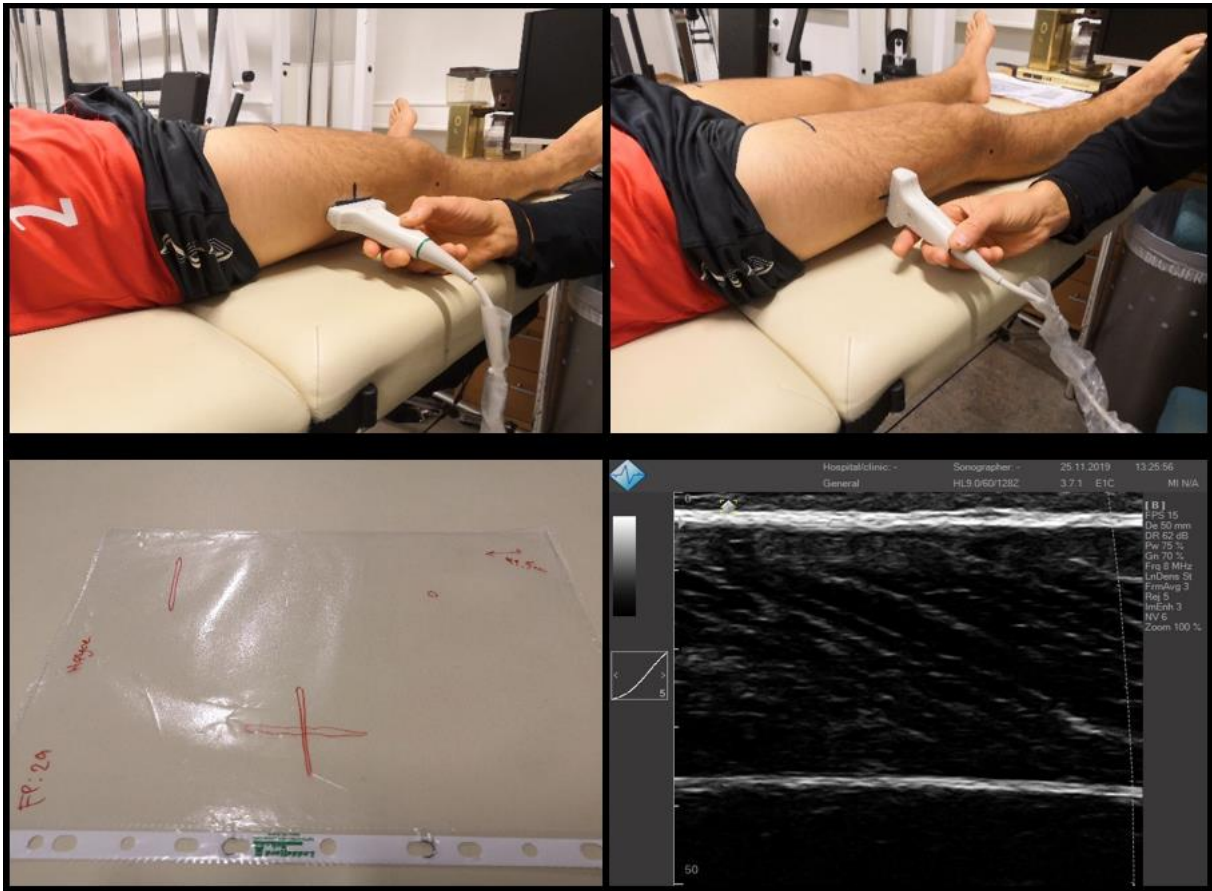


**Figur 6.** Bilde av hvordan deltagerne stod på Tanita- vekten og kontrollpanelet. (Vereide, 2019, s. 20).

#### 4.4.2 Ultralyd

Ultralyd ble brukt for å måle deltageres muskelarkitektur i vivo under hvile etter 8-12 timer med faste over natten. Det ble gjennomført målinger av muskelarkitektur: Muskeltykkelse, fasikkellengde og pennasjonsvinkling på m. vastus lateralis, på m. rectus femoris ble det målt muskeltykkelse. Ultralydapparatet, som ble benyttet, var av typen Echo Blaster 64/128, LogiScan 64/128 and ClasUs series Ultrasound systems, Telemed, Latvia. Ultralydapparatet var tilkoblet en datamaskin med tilhørende programvare (Echo Wave 2 Software) for analyser av muskeltykkelse. Deltagerne lå på en massasjebenk i en avslappet stilling (figur 7). Alle målingene ble gjennomført i samme liggstilling av samme operatør og på tilnærmet lik tid på døgnet. Målingene ble gjennomført unilateralt med en B-mode ultrasonografimåler med probe størrelse 6,5 cm og 8 MHz skanningsfrekvens. Deltagerne møtte til målingene ikledd shorts og lett overdel. Alle målingene ble tatt ved 50% av musklens fulle lengde (mellom den laterale epicondyle og trochanter major på femur) (Miyatani, Kanehisa et al. 2004). To til tre bilder ble tatt i logitudinalplanet og transplanet (figur 7) på hver muskel, alt etter hvor gode bildene var. Plasseringen av proben ble markert på huden med en hydrofobisk penn, dernest ble målepunktet markert på et mykt gjennomsiktig plastark med anatomiske landemerker og deltagerens anonymiserte identifikasjon. Landemerker som føflekker og arr ble markert på plastarket for å kunne plassere proben på nøyaktig samme lokalitet ved post-testmålingene (Helland, Hole et al. 2017). Analysene av deltageres muskeltykkelse ble gjennomført ved å trekke en rett linje i grensesnittet for muskelvevet, fra subkantfett til grensesnittet for muskelvevets toppkant (Abe, DeHoyos et al. 2000). Analyser av pennasjonsvinkling og fasikkellengde ble gjennomført med Image J, et Java basert bildebehandlings- og analyseprogram som er utviklet av Wayne Rasband fra national institute of mental health ved NIH. Image- J analyserer ultralydbildene automatisk ut ifra muskelfibrenes lengde og vinkling. Image J regner pennasjonsvinklingen som summen av vinklene som kategoriserer orienteringen til den dype aponeurose og fasikkellene. Fasikkellengden ble kalkulert som lengden på en rett linje mellom aponeurosen, ved en vinkling som korresponderer til den dominerende fasikkellorienteringen (Seynnes and Cronin 2020). Gjennomsnittverdien av alle målingene av hver enkelt deltager på m. vastus lateralis og m. rectus femoris ble benyttet i analysene av muskeltykkelse, fasikkellvinkling og fasikkellengde.

## Målinger av muskelarkitektur



**Figur 7.** Fra venstre øverst: Liggeposisjon, anatomiske- landemerker, bilde i logitudinal-planet. Fra høyre øverst: Bilde i transplanet. Fra venstre nederst: Plastarkene som ble brukt med de anatomiske landemerkene som gjorde det mulig å gjennomføre post-testmålingene på tilnærmet lik lokalitet. Fra venstre nederst: Ultralydbilde av m. vastus lateralis.

#### 4.4.3 Eksplosiv styrketest

Den eksplosive styrketesten ble kun gjennomført i beinpressapparatet (Technogym, selection line (Cesena, Italia). I forkant av testen gjennomførte alle deltagerne den standardiserte generelle oppvarmingen (fem minutter på ergometersykkel av typen Technogym Exite-recline) med en kraftutvikling på ca. 80 watt) (Alkner, Tesch et al. 2000). Deltagernes standardiserte sittestilling fra første tilvenningstest ble brukt. Testen ble gjennomført unilateralt (deltagerne startet testene med samme bein ved pre og posttestene). Deltagerne ble informert og instruert i å gjennomføre hver enkelt av de submaksimale vektmotstandene (30, 45, 65, 75 og 85% av 1RM) med maksimal mobilisering (Maffiuletti, Aagaard et al. 2016). Deltagerne måtte isometrisk spenne av musklene ved starten av hver repetisjon for å eliminere effekten slingringen i beinpressleden (fem cm) ville hatt på hastighetsparameterne (Maffiuletti, Aagaard et al. 2016). De relative vektmotstandene som ble benyttet ved testene ble kalkulert fra første og andre tilvenningstest i beskrevet rekkefølge. De relative vektmotstandene som ble benyttet og antallet målinger er i henhold til anbefalinger fra (Jovanović and Flanagan 2014, Maffiuletti, Aagaard et al. 2016). Videre har studien fulgt anbefalingene om å gjennomføre målinger med en stor nok spredning i vektmotstanden til å sikre en variasjon på minimum 0,5m/s mellom den letteste og tyngste vektmotstanden (Jovanović and Flanagan 2014). Ved 30% til 60 % av 1RM fikk deltagerne et minutt pause mellom hver måling, ved 75% til 85% av 1RM fikk deltagerne tre minutters pause (de Salles, Simao et al. 2009, Jovanović and Flanagan 2014). Hastigheten på bevegelsen av den konsentriske fasen av løftet ble målt med en anerkjent lineær enkoder med en oppløsning på 0,019 mm og en prøvehastighet på 200Hz (Ergotest innovation A.S.) (Bosquet, Porta-Benache et al. 2010). Den lineære enkoderen ble festet til vektene på beinpressapparatet. Signalene fra enkoderen ble sendt til en konverter data synchronization unit (DSU) som synkroniserte signalene til  $\pm 1$ ms (muscleLab, 1080, Ergotest AS, Langesund, Norge). DSU- enheten var videre tilkoblet en datamaskin med tilhørende programvare for datainnsamling og analyse (musclelab v19). Hastighetsmåleren med tilhørende programvare ble brukt til automatisk å kalkulere de kinematiske parameterne av hver repetisjon og gi tilbakemelding på bevegeshastighet i sanntid. Hastighetsparameterne ble visuelt illustrert i en kraft-hastighetskurve, og som statistikk i musclelab v19, kraft-hastighetskurven ble fortløpende inpsisert. Om ett eller flere av de submaksimale repetisjonene avvek fra normalfordelingskurven, ble deltagerne anmodet om å repetere disse til datamaterialet ble visuelt tilfredsstillende fordelt. I dette forskningsprosjektet ble følgende variabler brukt i analysene av deltagerens eksplosive styrke: Maksimal effekt [PP(W)], gjennomsnittlig hastighet

[ $AV(m \times s^{-1})$ ] og maksimal hastighet [ $PV(m \times s^{-1})$ ].

#### 4.4.4 Dynamisk maksimalstyrketest (1RM)

For å kvantifisere deltagerens unilaterale dynamiske maksimale muskelstyrke, ble det benyttet en 1RM-test i beinpressapparatet [Technogym, selection line (Cesena, Italia)]. 1RM-målingene ble gjennomført tre minutter etter testingen av deltagerens eksplosive styrke. Deltagerne startet testen på samme bein som det startet de eksplosive testene med. Som i det eksplosive testene ble repetisjonene gjennomført med maksimal mobilisering. Hvert individ fikk muligheten til å gjennomføre fem unilateral 1RM-forsøk. Etter siste vektmotstand i de eksplosive styrketestene (85% av 1RM) ble vekten økt til det deltagerne trodde var 1RM. Ved resterende forsøk valgte deltagerne vektmotstand i samråd med testleder. Testleder tok utgangspunkt i  $AV (m \times s^{-1})$  i den konsentriske fasen, teknisk utførelse og deltagerens subjektive vurdering av anstrengelse. Den høyeste vektmotstanden deltagerne klarte å gjennomføre med fullstendig bevegelsesbane ( $90^\circ$  til  $180^\circ$ ) ble anerkjent som deltagerens reelle 1RM. Vektmotstanden under 1RM forsøkene ble tilpasset med økning eller senkning til nærmeste  $\pm 1\text{kg}$ . Ved pre- og posttestene forsøkte testleder å få deltagerens  $AV(m \times s^{-1})$  som ved 1RM fra tilvenningsøkten ( $0,16 \pm 0,00$ ) eller lavere. (Cronin, McNair et al. 2003, González-Badillo and Sánchez-Medina 2010, Izquierdo-Gabarren, EXPÓSITO et al. 2010, Jidovtseff, Harris et al. 2011). Kvantifisering av dynamisk maksimalstyrke gjennom 1RM-tester er anerkjent som en valid og reliabel metode (Baker, Wilson et al. 1994, Jaric 2002, Levinger, Goodman et al. 2009, Mcguigan, Newton et al. 2010). Interclass Correlation Coefficient (ICC) mellom tilvenning- og pretesten ble beregnet til 0,919.

#### 4.4.5 Maksimal isometrisk muskelstyrke (MVC)

Testingen av deltagerens unilaterale maksimale isometriske styrke ble gjennomført i beinpressapparatet (Technogym, selection line (Cesena, Italia)) med en kraftplattform (muscleLab Force Plate SKU:1130, Ergotest Technology AS, Langesund, Norge). Ettersom MVC-testen ble gjennomført etter 1RM-testene med fem minutter hvile ble det ikke gjennomført noen spesifikk oppvarming. Hver deltager gjennomførte to målinger per bein med 2,5 minutters hvileintervaller. Ettersom isometriske tester skal gjennomføres med en fast leddvinkel ( $90^\circ$ ) ble vektene på beinpressapparatet satt til maks (190kg)(Komi 2008). Testen ble gjennomført ved at kraftplattformen ble plassert på beinpressapparatets fotplate av testleder. Dernest ble deltagerne gitt en nedtelling på tre sekunder før de skulle presse så raskt og kraftfullt de klarte samt opprettholde deres maksimale kraftutvikling i fem sekunder.

Deltagerne ble gitt sterk verbal motivering under testen. I forkant av MVC-testingen ble kraftplattformen kalibrert ved at testleder stod helt stille på plattformen i noen sekunder. Testene ble målt med en Kraftplattform som var tilkoblet en DSU- konverter og ble fortløpende lagret i musclelab v19. I utvelgingen av data som skulle brukes i analysene [RFD og maxforce (N)], ble data fra deltagernes høyeste kraftutvikling [maxforce (N)] valgt. RFD ble regnet ut med 200ms tidsintervall og en datainnsamling av kraftsignalet på 1kHz (Wilson, Lyttle et al. 1995, Aagaard, Simonsen et al. 2002).

### Koeffisient av variasjon (CoV)

**Tabell 3.** Prosentvis variasjon (CoV) hos deltagerne mellom tre ulike styrkevariabler (maksimal dynamisk styrke (kg), maksimal isometrisk styrke (N) og maksimal konsentrisk hastighet (PV) fra pretest til posttest. Tabellen illustrerer at koeffisienten av variasjon mellom styrkeparametrene er relativt lik.

TID	1RM	Maksimal kraftutvikling (MVC)	Maksimal hastighet (PV)
(CoV) Pretest	23,3%	21,8%	19,8%
(CoV) Posttest	20,5%	28,8%	22,7%



## 4.5 Treningsprosedyrer

### 4.5.1 Treningsvariablene

Deltagerne i forskningsprosjektet trente med en relativ vektmotstand på 80% av 1RM i beinpress (Rhea, Alvar et al. 2003, de Salles, Simao et al. 2009, Medicine 2009). Før treningsintervensjonen ble startet, gjennomførte testleder pilottesting av vektmotstanden 80% av 1RM med tre personer i øvelsene beinpress og kneekstensjon. Ved 80% av 1RM klarte ingen av testpersonene å gjennomføre ønsket antall repetisjoner før hastighetsfallgrensene var overskredet i øvelsen kneekstensjon. Etter flere suksessfulle forsøk ved 75% av 1RM, ble det besluttet å bruke denne vektmotstanden i øvelsen kneekstensjon. Med utgangspunkt i anbefalinger fra Harris mfl. (2006) ble treningsvolumet jevnstilt. Treningsvolumet (kg) ble simultant med treningen kalkulert og tilpasset slik at begge beina gjennomførte et like stort treningsvolum per økt. Jevnstillingen av treningsvolumet medførte at HT15- beinet (beinet som gjennomførte settene til en reduksjon av bevegelseshastigheten på 15%) måtte gjennomføre 40-50% flere sett per økt (tabell 4). Ulikhetene i antall sett gjennomført per bein hører sammen med de standardiserte repetisjonsområdene og hastighetstapgrensene. Med utgangspunkt i funnene fra Salles mfl. (2009) ble det besluttet å benytte hvileintervaller mellom settene på to og et halvt minutt under treningen. Selve treningsøktene ble gjennomført en og en deltager av gangen. Med utgangspunkt i funnene fra selekterte studier, ble treningsfrekvensen satt til to dager i uken over ni uker med 72 timers hvileintervaller. Treningsøktene hadde en varighet på mellom 40-60 minutter. Akkumuleringen av tid har sammenheng med progresjonen av antall sett per uke (Tabell. 4). Med utgangspunkt i funnene fra Simão, De Salles mfl. (2012) startet deltagerne med øvelsen beinpress. Hvilket bein deltagerne startet med i treningsprogrammets første øvelse (beinpress) ble gjennomført alternerende fra uke til uke.

### Jevnstilling av treningsvolum

**Tabell 4.** Skjematisk fremstilling av treningsprogrammets progresjon. Ettersom HT 15%-beinet gjennomførte fem til syv repetisjoner per sett og HT 30% 10-12 repetisjoner, måtte antallet sett dobles for HT15- beinet for å jevnstille treningsvolumet.

<b>Uker</b>	<b>Antall sett i uken HT15</b>	<b>Antall sett i uken HT30</b>
<b>1-2</b>	3-4 sett beinpress 3-4 sett leggekstensjon <b>Totalt per uke: 12-16.</b>	2 sett beinpress 2 sett leggekstensjon <b>Totalt per uke: 8.</b>
<b>3-5</b>	5-6 sett i beinpress 3-4 sett i leggekstensjon <b>Totalt per uke: 16-20.</b>	3 sett beinpress 2 sett beinpress <b>Totalt per uke: 10.</b>
<b>6-9</b>	5-6 sett i beinpress 5-6 sett i leggekstensjon <b>Totalt per uke: 20-24.</b>	3 sett i beinpress 3 sett i beinpress <b>Totalt per uke: 12.</b>

#### 4.5.2 Oppvarming

Treningen startet med generell oppvarming i fem minutter på ergometersykkelapparatet [Technogym Excite-recline, (Cesena, Italia)]. Intensiteten ble styrt til motstandsmodus fire på ergometersykkelen. Deltagerne ble instruert til å holde kraftutvikling på ca. 80 watt (Alkner, Tesch et al. 2000). Etter den generelle oppvarmingen gjennomførte deltagerne fire sett med unilateral oppgavespesifikk oppvarming med en progressiv vektøkning i beinpressapparatet. Den oppgavespesifikke oppvarmingen bestod av  $10 \times 30\%$ ,  $6 \times 50\%$ ,  $4 \times 65\%$  og  $2 \times 75\%$  av 1RM. Deltagerne valgte selv hvileintervallene mellom oppvarmingssettene, men måtte minimum vente 20 sekunder mellom hvert oppvarmingssett. Etter oppvarmingen var fullført startet deltagerne trening i øvelsen beinpress. Deltagerne bestemte selv om de ville gjennomføre oppvarming i den siste øvelsen som var kneekstensjon.

#### 4.5.3 Hastighetsreguleringen

Deltagerne gjennomførte øvelsene med de individuelt standardiserte sittestillingene som ble tilpasset ved første treningsøkt. Den hastighetsbaserte treningen ble gjennomført som anbefalt av Sanchez-Medina & González-Badilo (2011). Selve treningen ble konfigurert ved hjelp av to variabler: (a) Først ble repetisjonenes gjennomsnittlige hastighet (AV) som er relatert til vektmotstanden målt. (b) Dernest ble hastighetstapet som skulle tillattes, uttrykt i prosent av den gjennomsnittlige hastigheten fra den raskeste repetisjonen satt (vanligvis den første til tredje repetisjonen i et sett) ( $30\%$  et bein  $15\%$  det andre beinet). (c) Når deltagerne falt under hastighetstapgrensen fikk de en advarsel før settet ble avsluttet. Testlederen tillot deltagerne å falle under hastighetsgrensen to ganger. Ettersom første gangen kunne være et resultat av manglende motivasjon og ikke metabolsk- og nevrologisk tretthet. Selve utregningen av hastighetstapet og de kinematiske parameterne gjorde LPT-enheten automatisk i sanntid med tilhørende DSU og programvare (musclelab, 1080, Ergotest AS, Langesund, Norge) på bakgrunn av tid og løftedistansen på vekten til apparatene (Harris, Cronin et al. 2010). Testleder var under settene oppmerksom på den grafiske framstillingen av kraft-hastighetskurven som ble produsert i analyseprogrammet (musclelab V 19). Det ble fortløpende gitt oppmuntringer om å gi alt om den visuelle framstillingen ikke viste et lineært hastighetstap, men en tendens til uregelmessig motivasjon (Randell, Cronin et al. 2011, Nagata, Doma et al. 2018). Etter hvert sett fikk hver enkelt deltager illustrert kraft-hastighetskurven, og ble gitt tilbakemeldinger på eventuelle forbedringspotensialer. Etter hver enkelt bein (hastighetstapgrense) hadde gjennomført alle settene i hver enkelt øvelse ble den innsamlede dataen lagret under deltagernummeret på datamaskinens interne harddisk for

analyser. Derneft ble hastighetsgrensen som tilhørte det andre beinet plottet inn i analyseprogrammet (musclelab V19) før deltagerne fortsatte den hastighetsbaserte styrketreningen.

#### 4.5.4 Den konsentriske og eksentriske fasen

Den eksentriske fasen av løftene ble gjennomført sakte og kontrollert. Den konsentriske fasen av løftet ble derimot gjennomført med maksimal mobilisering i hver repetisjon (Sanchez-Medina, Perez et al. 2010, Jovanović and Flanagan 2014). Den eksentriske fasen av løftet kunne først starte når deltagerens bein var i full ekstensjon ( $180^\circ$ ) (Alkner, Tesch et al. 2000). Den konsentriske fasen av løftet kunne ikke starte før den eksentriske fasen av løftet hadde kommet til full stopp og kneleddets midtpunkt var tilbake til startposisjon med  $90^\circ$  vinkel mellom femur og tibia. Repetisjonstempoet ble standardisert. Ved at hver deltager fulgte takten til en metronom innstilt på to- sekundsekvenser. Dette løftetempoet tillater ca. ett sekunders pause mellom hver repetisjon.

#### 4.5.5 Repetisjonsområder

For å ta stilling til hver deltagers progresjon, ble treningsprogrammene designet med et standardisert og avgrenset repetisjonsområde. HT15%-beinet holdt et repetisjonsområde mellom fem til syv repetisjoner, HT30%-beinet holdt et repetisjonsområde mellom 10-12 repetisjoner per sett. Gjennomførte deltagerne flere repetisjoner enn repetisjonsområdene tillot før hastighetsfallgrensene (HT15% og HT30%) ble nådd, ble vektmostanden økt av testleder med to kilogram til ønsket repetisjonsområde ble oppnådd (Adams 2002).

Gjennomførte deltagerne færre repetisjoner enn avgrensningen tillot, ble vektmostanden redusert med to kilogram. Metoden gjorde det mulig å tilpasse vektmostanden til hver enkelt deltagers daværende dagsform, treningsstatus og styrke.

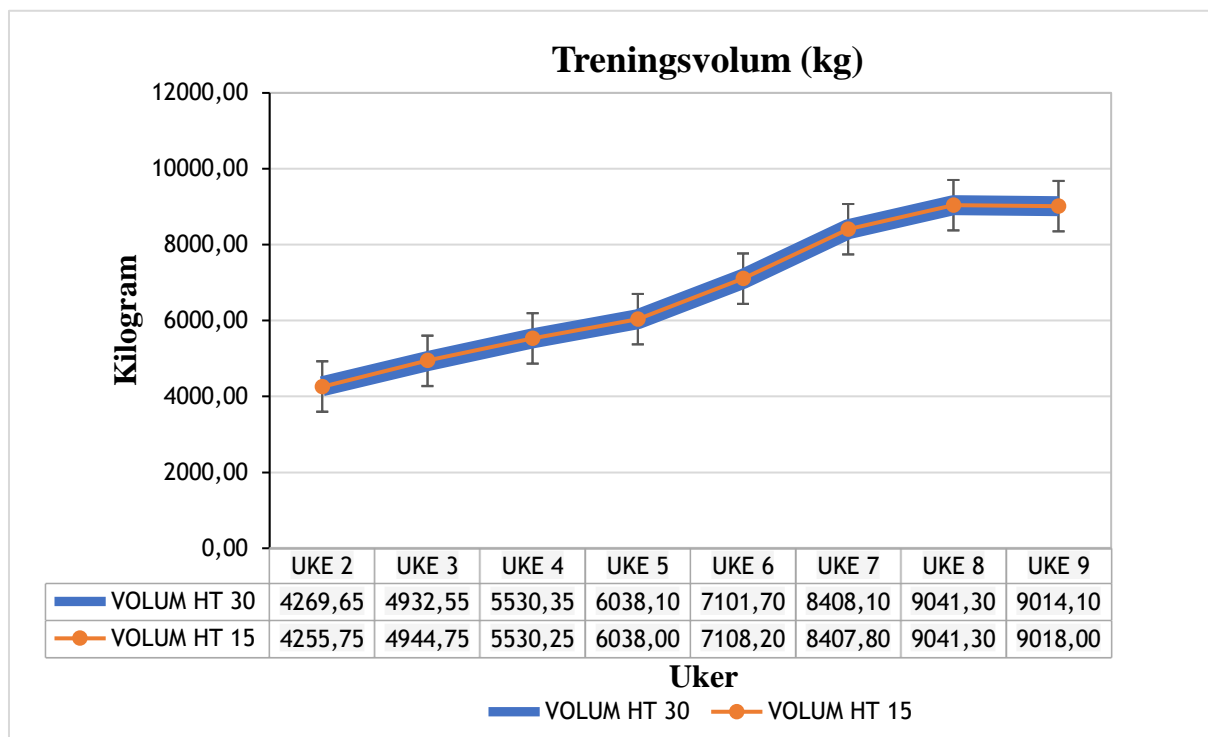
## 5.0 Statistikk

Verdiene er rapportert som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD). I figurene er variasjon rapportert ved 95% CI. Test-retest absolutt reliabilitet ble vurdert ved CV, og relativ reliabilitet ble kalkulert ut ifra intraclass correlation coefficients (ICC) med en 95% CI, ved bruk av en enveis random effektmodell. Normalfordelingen av variablene ved pre-testene og homogeniteten av varians mellom hastighetstapgrensene (HT 30 vs HT 15) ble vurdert på bakgrunn av resultatene fra Shapiro-Wilk- og Levenes test, i beskrevet rekkefølge. Normalfordelingen av variablene ble også vurdert ved visuell inspeksjon av fordelingen av verdier i histogrammene, Q-Q plots og boxplots. En uavhengig t-test viste at det var ingen signifikante ( $P > 0,704$ ) forskjeller i noen av måleparameterne for hastighetstapgrensene ved pretest. Statistisk signifikans ble satt til  $P \leq 0,05$  nivå. En parra t-test ble benyttet for å vurdere om det var signifikante forskjeller i måleparameterne fra pre til post for hver hastighetstapgrense. Når datamaterialet ikke var normalfordelt, brukte jeg en Mann-Whitney test for å analysere om det var signifikante forskjeller mellom gruppene, og en Wilcoxon matched pairs-test erstattet parra t-testen. For å vurdere effektstørrelse (ES) ble en Cohens D test benyttet. Triviell ES ble satt mindre enn 0,2, liten ble satt til 0,2-0,5, moderat ES ble satt til 0,5, og stor ES ble satt til 0,8 eller mer (William & Joseph, 2005, s.164). Alle data ble analysert ved hjelp av IBM SPSS statistics versjon 26 (SPSS Inc., Chicago, IL).

## 4. Resultater

### 4.1 Treningsvolum

Det gjennomsnittlige treningsvolumet for hver uke er vist i figur 8. HT30-beinets totale treningsvolum i løpet av intervensjonen var på  $6497 \pm 655$  kg, og HT15-beinet hadde et totalt treningsvolum på  $6499 \pm 655$  kg. Det var ingen signifikant forskjell mellom hastighetsreguleringenes treningsvolum ( $P=0,498$ ).



**Figur 8.** Treningsvolumet (KG) gjennom intervensjonsperioden for HT30-beinet illustrert med blå linje og HT15-beinet illustrert med den oransje linjen. Grafen illustrerer at treningsvolumet er så likt at de to linjene er helt jevnstilte. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt  $\pm$  SD.

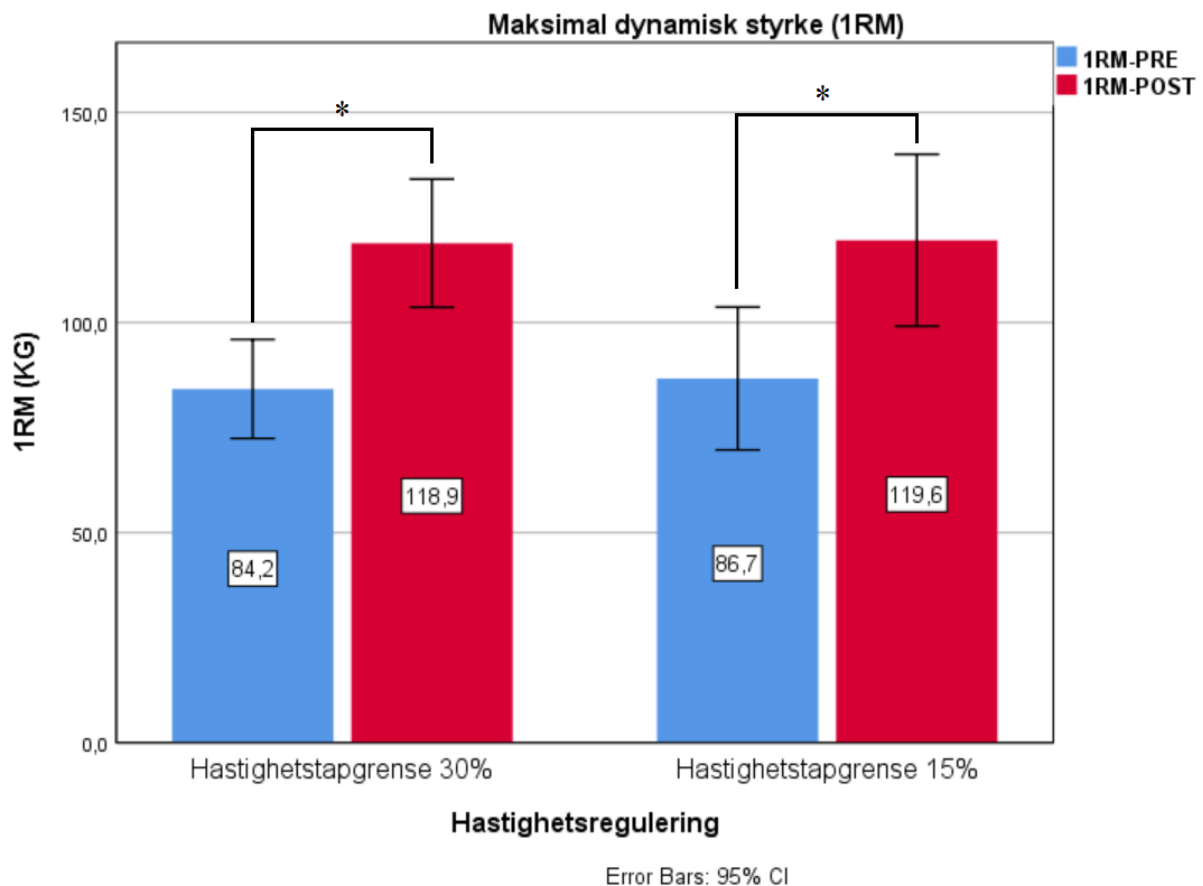
### 4.2 Vektmotstand

Det var ingen signifikante forskjeller i vektmotstanden (75-85% av 1RM) mellom beina (HT30 og HT15) ved starten av treningsintervensjonen ( $P=0,788$ ) og slutten ( $P=0,951$ ).

## 4.3 Maksimalstyrke

### 4.3.1 Maksimal dynamisk styrke (1RM)

Det var ingen signifikant forskjell i hvordan hastighetsreguleringene påvirket deltagerens 1RM fra pretest til posttest ( $P=0,951$ ). Både HT30 og HT15- beinet til deltagerne hadde derimot en signifikant økning i 1RM. Hastighetstapgrense 30% viste en 41,2% økning fra pretest til posttest (endring = 34,7kg,  $ES=3,094$ ,  $P=0,000004$ ). Hastighetstapgrense 15% medførte en 37,9% økning av 1RM (ending=32,9kg (37,95%)  $ES=2,216$ ,  $P=0,000063$ ).



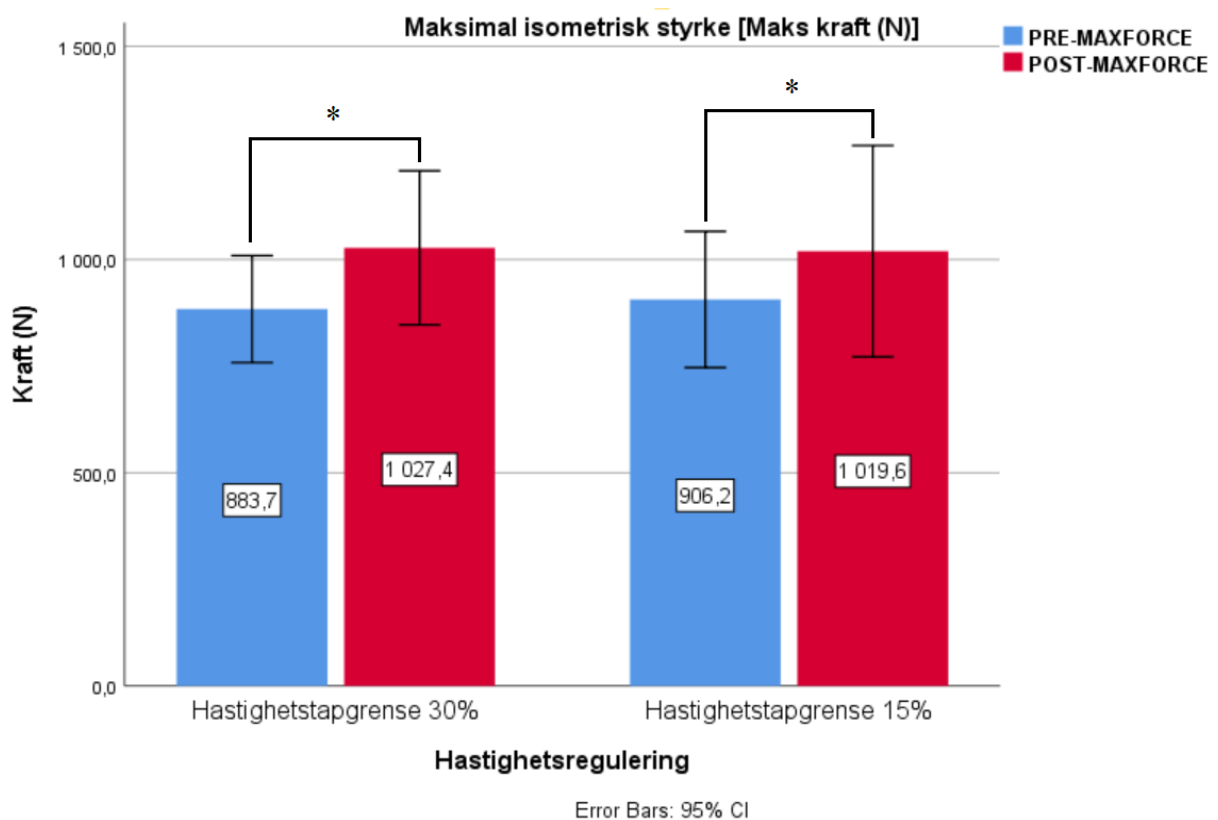
**Figur 9.** HT30 (illustrert til venstre) og HT15 (illustrert til høyre) beinets endring i 1RM fra pretest til posttest. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt med 95% CI.

### 4.3.2 Kroppsvekt til styrke rate

Det var ingen forskjell i for hastighetstapene påvirket kroppsvekt til styrkeraten ( $P=0,987$ ). Begge hastighetstapene har derimot økt raten signifikant. HT30 har hatt en 40,26% økning fra pretest til posttest, (Endring =0,493,  $ES=2,608$ ,  $P=0,000017$ ). HT15 har hatt en 38,29% økning fra pretest til posttest, (Endring= 0,467,  $ES= 1,921$ ,  $P= 0,00019$ ).

### 4.3.3. Maksimal isometrisk styrke (MVC)

Det var ingen signifikant forskjell i hvordan hastighetstapgrensene påvirket deltagerens maksimale isometriske styrke (N) fra pretest til posttest ( $P = 0,948$ ). Både hastighetstapgrense 30% (HT30%) og hastighetstapgrense 15% (HT15%) beinet til deltagerne fikk en signifikant økning i MF (N). Hastighetstapgrense 30% viste en økning på 16,2% fra pretest til posttest (endring =  $143,5 \pm 104,6$ ,  $ES = 1,372$ ,  $P = 0,002$ ). Hastighetstapgrense 15%- beinet økte den maksimale kraftutviklingen ved isometrisk aksjon med 12,5% (endring =  $113,3 \pm 152,0$ ,  $ES = 0,745$ ,  $P = 0,043$ ).



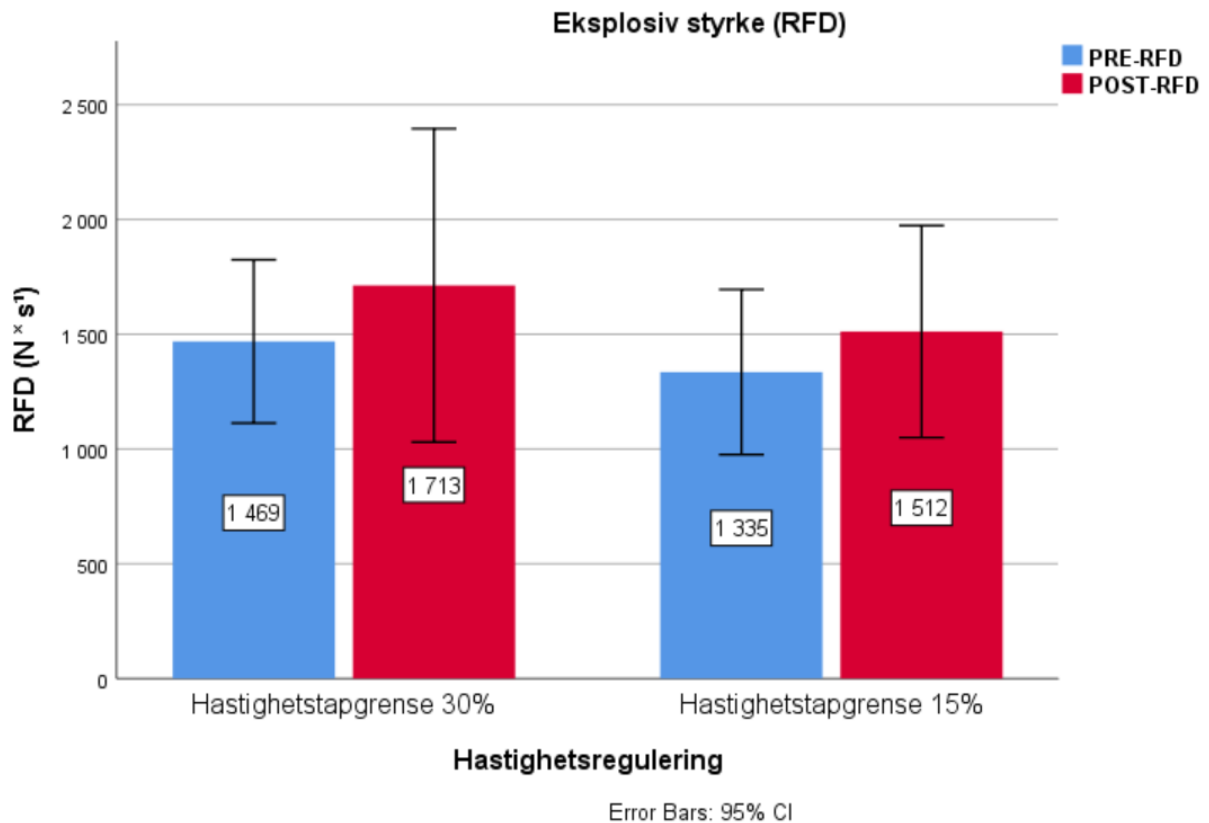
**Figur 10.** HT30% (illustrert til venstre) og HT15% (illustrert til høyre) beinets endring i maksimale isometriske kraftutvikling (N) fra pretest til posttest. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt med 95% CI.



## 4.4 Eksplosiv styrke

### 4.4.1 Rate of force development (RFD)

Det var ingen signifikant forskjell i hvordan hastighetsreguleringene påvirket deltagerens RFD fra pretest til posttest ( $P = 0,587$ ). Verken HT30% eller HT15%- beinet oppnådde en signifikant økning av RFD- verdiene fra pretest til posttest,  $P = 0,428$  for HT30% og  $P = 0,362$  for HT15%.



**Figur 11.** Deltagerens endring i RFD fra pretest til posttest. HT30% hadde en økning av RFD-verdien på 16,6% (endring=  $244,0 \pm 929,8$ ), og HT15 en økning på 13,1% (endring=  $176,1 \pm 579,9$ ). Verdiene i figuren er oppgitt som gjennomsnitt med 95% CI.

#### 4.4.2 Maksimal effekt [PP (W)]

Det ble observert en signifikant økning i maksimal effektutvikling for begge hastighetstapene ved 30% og 45% av 1RM. HT30 hadde en økning på  $39,61 \pm 37,93\%$  ved 30% av 1RM mot HT15 med  $44,62 \pm 32,92\%$  økning. HT30 hadde en økning på  $33,99 \pm 29,20\%$  ved 45% av 1RM mot HT15 med  $25,32 \pm 23,73\%$  økning. Ved 60% og 75 % av 1RM var det derimot bare HT30 som oppnådde en signifikant økning. HT30 hadde en økning på  $30,78 \pm 24,92\%$  ved 60% av 1RM mot HT15 med  $8,86 \pm 24,13\%$  økning. Ved 75% av 1RM hadde HT30 en økning på  $25,68 \pm 33,82\%$  mot HT15 med  $3,61 \pm 45,28\%$  økning. Det var ingen signifikante forskjeller mellom hastighetstapene ved effekttestene. Men effektstørrelsen er litt høyere for HT30.

**Tabell 5.** HT30% og HT15%-beinets endring i maksimal effekt [PP (W)] fra pretest til posttest. Tabellen viser også effektstørrelsen (ES), signifikansnivå (SIG) fra pretest til posttest, og signifikansnivå mellom hastighetstapgrensene. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt  $\pm$  SD.

% av 1RM	Pre PP (W)	Post PP (W)	Endring (W)	ES	Signifikansnivå (Sig*) fra pre-til posttest.	P-verdi = grad av ulik forandring mellom HT30% og HT15%.
<b>30%</b>						
HT30	$276,3 \pm 178,8$	$385,7 \pm 156,8$	$109,4 \pm 82,5$	=1,32	<b>P=0,007 *</b>	P=0,684
HT15	$250,9 \pm 76,0$	$362,9 \pm 203,9$	$111,9 \pm 133,7$	=0,83	<b>P=0,005 *</b>	
<b>45%</b>						
HT30	$330,0 \pm 187,9$	$442,2 \pm 174,8$	$112,1 \pm 70,2$	=1,59	<b>P=0,005 *</b>	P=0,739
HT15	$325,9 \pm 188,2$	$408,4 \pm 198,1$	$82,5 \pm 71,6$	=1,15	<b>P=0,007 *</b>	
<b>60%</b>						
HT30	$353,9 \pm 178,6$	$462,9 \pm 181,6$	$108,9 \pm 60,3$	=1,80	<b>P=0,005 *</b>	P=0,796
HT15	$348,0 \pm 181,5$	$378,9 \pm 174,8$	$30,8 \pm 74,6$	=0,40	P=0,241	
<b>75%</b>						
HT30	$341,4 \pm 130,1$	$429,2 \pm 160,0$	$87,7 \pm 91,7$	=0,95	<b>P=0,013 *</b>	P=0,739
HT15	$333,7 \pm 151,5$	$345,7 \pm 158,0$	$12,0 \pm 128,4$	=0,09	P=0,646	

#### 4.4.3 Endring i gjennomsnittlig hastighet (AV)

Målingene av gjennomsnittlig hastighet er basert på samme testen som data fra effekttestene er hentet fra. Testene er gjennomført i en standardisert rekkefølge fra 30% til 75% av 1RM. Det var ingen av hastighetstapene som har oppnådd signifikant reduksjon eller økning i AV. HT30 har dog medført en lavere p-verdi ved alle målingene.

**Tabell 6.** HT30% og HT15%-beinets endring i gjennomsnittlig konsentrisk hastighet [AV (m/s)] fra pretest til posttest. Tabellen viser også effektstørrelsen (ES), signifikansnivå (SIG) fra pretest til posttest, og signifikansnivå mellom hastighetstapgrensene. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt  $\pm$  SD. Det er ikke observert noen signifikante forskjeller mellom hastighetstapene ved noen av de submaksimale vektmotstandene.

% av 1RM	Pre AV (m/s)	Post AV (m/s)	Endring (m/s)	ES	Signifikansnivå (Sig*) fra pre-til posttest.	P-verdi = grad av ulik forandring mellom HT30% og HT15%.
<b>30%</b>						
HT30	0,555 $\pm$ 0,086	0,516 $\pm$ 0,094	-0,039 $\pm$ 0,104	= 0,37	P=0,267	P=0,820
HT15	0,545 $\pm$ 0,106	0,471 $\pm$ 0,104	-0,074 $\pm$ 0,112	= 0,66	P= 0,067	
<b>45%</b>						
HT30	0,470 $\pm$ 0,058	0,416 $\pm$ 0,081	-0,054 $\pm$ 0,090	=0,60	P=0,093	P=0,712
HT15	0,460 $\pm$ 0,073	0,406 $\pm$ 0,078	-0,054 $\pm$ 0,082	=0,65	P=0,068	
<b>60%</b>						
HT30	0,350 $\pm$ 0,061	0,326 $\pm$ 0,074	-0,024 $\pm$ 0,104	=0,23	P=0,486	P=0,660
HT15	0,361 $\pm$ 0,057	0,297 $\pm$ 0,071	-0,064 $\pm$ 0,090	=0,71	P=0,052	
<b>75%</b>						
HT30	0,281 $\pm$ 0,059	0,234 $\pm$ 0,051	-0,047 $\pm$ 0,083	=0,56	P=0,107	P=0,535
HT15	0,279 $\pm$ 0,062	0,215 $\pm$ 0,054	-0,064 $\pm$ 0,090	= 0,71	P=0,052	

#### 4.4.4 Endring i Maksimal hastighet (PV)

Ved 45% av 1RM har begge hastighetstapene signifikant redusert den maksimale bevegelseshastigheten. HT30 har hatt en reduksjon på  $-17,50 \pm 15,30\%$  mot HT15 med  $-18,29 \pm 17,01\%$  reduksjon. Ved 60% av 1RM er det derimot bare HT15 som har medført en signifikant reduksjon,  $-23,07 \pm 19,17\%$  for HT15 mot  $-10,30 \pm 19,73\%$  for HT30. Det er dog ingen signifikante forskjeller mellom hastighetstapene.

**Tabell 7.** HT30% og HT15%-beinets endring maksimal konsentrisk hastighet [PV (m/s)] fra pretest til posttest. Tabellen viser også effektstørrelsen (ES), signifikansnivå (SIG) fra pretest til posttest, og signifikansnivå mellom hastighetstapgrensene. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt  $\pm$  SD.

% av 1RM	Pre PV (m/s)	Post PV (m/s)	Endring (m/s)	ES	Signifikansnivå (Sig*) fra pre-til posttest.	P-verdi = grad av ulik forandring mellom HT30% og HT15%.
<b>30%</b>						
HT30	$0,919 \pm 0,208$	$0,816 \pm 0,155$	$-0,103 \pm 0,181$	= 0,56	P=0,106	P=0,771
HT15	$0,916 \pm 0,228$	$0,775 \pm 0,213$	$-0,138 \pm 0,214$	= 0,64	P= 0,072	
<b>45%</b>						
HT30	$0,778 \pm 0,126$	$0,639 \pm 0,145$	$-0,139 \pm 0,116$	= 1,18	<b>P=0,004 *</b>	P=0,655
HT15	$0,759 \pm 0,139$	$0,610 \pm 0,133$	$-0,149 \pm 0,154$	= 0,96	<b>P=0,014 *</b>	
<b>60%</b>						
HT30	$0,595 \pm 0,109$	$0,524 \pm 0,115$	$-0,078 \pm 0,123$	= 0,63	P=0,092	P=0,697
HT15	$0,617 \pm 0,113$	$0,467 \pm 0,128$	$-0,150 \pm 0,129$	= 1,16	<b>P=0,005 *</b>	
<b>75%</b>						
HT30	$0,550 \pm 0,123$	$0,393 \pm 0,084$	$-0,157 \pm 0,160$	= 0,98	P=0,107	P=0,535
HT15	$0,498 \pm 0,100$	$0,367 \pm 0,083$	$-0,131 \pm 0,127$	= 1,03	P=0,052	

## 4.5 Fysiologiske parametere

### 4.5.1 Endring i muskelarkitektur

Det har ikke forekommet forskjeller mellom hastighetstapene på noen av de arkitektoniske parameterne. Det har heller ikke forekommet noen endring fra pretest til posttest for HT30 og HT15.

**Tabell 8.** Viser HT30% og HT15%-beinets endring i muskelarkitektur (mm) fra pretest til posttest. Tabellen viser også effektstørrelsen (ES), signifikansnivå (SIG) fra pretest til posttest og signifikansnivå mellom hastighetstapgrensene. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt  $\pm$  SD. Et individ ble fjernet fra analysene av muskelarkitektur på grunn av feilmåling. HT30% har medført en reduksjon av pennasjonsvinklingen på 15,63% samtidig som HT15%-beinet har medført en 5,16% økning.

Muskel	Pretest (mm)	Posttest (mm)	Endring (mm)	ES	Signifikansnivå (Sig*) fra pre-til posttest.	P-verdi = grad av ulik forandring mellom HT30% og HT15%.
<b>Vastus lateralis Fasikkellengde</b>						
HT30	77,0 $\pm$ 21,7	76,2 $\pm$ 20,0	-0,8 $\pm$ 27,1	=0,02	P=0,931	P=0,880
HT15	78,1 $\pm$ 16,9	73,2 $\pm$ 17,1	-4,8 $\pm$ 27,3	=0,17	P=0,606	
<b>Vastus lateralis pennasjon</b>						
HT30	16,0 $\pm$ 3,9	13,5 $\pm$ 3,6	-2,4 $\pm$ 3,9	=0,63	P=0,092	P=0,490
HT15	15,5 $\pm$ 3,4	16,3 $\pm$ 4,5	0,7 $\pm$ 4,5	=0,17	P=0,616	
<b>Vastus lateralis tykkelse</b>						
HT30	22,3 $\pm$ 3,1	21,4 $\pm$ 4,0	-0,9 $\pm$ 0,1	=0,25	P=0,488	P=0,938
HT15	22,0 $\pm$ 2,3	22,0 $\pm$ 2,8	0,0 $\pm$ 2,1	=0,03	P=0,967	
<b>Rectus femoris tykkelse</b>						
HT30	23,0 $\pm$ 3,8	22,2 $\pm$ 4,0	-0,7 $\pm$ 2,3	=0,32	P=0,362	P=0,894
HT15	22,4 $\pm$ 3,5	22,4 $\pm$ 3,4	-0,0 $\pm$ 3,0	=0,00	P=0,978	

#### 4.5.2 Endring i kroppssammensetning

Det var ingen signifikant endring i deltageres kroppssammensetning fra pretest til posttest. Videre er det ingen signifikant forskjell i endring av muskelmassen for HT30% og HT15%-beinet til deltagerne (N=10).

**Tabell 9.** Viser HT30% og HT15%-beinets endring i muskelarkitektur (mm) fra pretest til posttest. Tabellen viser også effektstørrelsen (ES), signifikansnivå (SIG) fra pretest til posttest og signifikansnivå mellom hastighetstapgrensene. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt  $\pm$  SD.

Måleparametere	Pretest	Posttest	Endring	ES	Signifikansnivå (Sig*) fra pre-til posttest.	P-verdi = grad av ulik forandring mellom HT30% og HT15%.
<b>Vekt (kg)</b>	68,1 $\pm$ 8,8	69,1 $\pm$ 9,1	1,01 $\pm$ 2,0	=0,49	P= 0,155	
<b>KMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	23,4 $\pm$ 2,1	23,7 $\pm$ 2,0	0,33 $\pm$ 0,7	=0,45	P= 0,185	
<b>Muskelmasse (%)</b>	73,4 $\pm$ 6,7	73,7 $\pm$ 6,1	0,37 $\pm$ 1,5	=0,23	P= 0,472	
<b>Muskelmasse (kg) HT30%</b>	8,26 $\pm$ 1,5	8,29 $\pm$ 1,6	0,03 $\pm$ 0,3	=0,09	P= 0,573	P= 0,739
<b>Muskelmasse (kg) HT15%</b>	8,34 $\pm$ 1,6	8,45 $\pm$ 1,7	0,11 $\pm$ 0,2	=0,43	P= 0,182	P= 0,739
<b>Fettmasse (%)</b>	22,67 $\pm$ 7,1	22,30 $\pm$ 6,5	-0,37 $\pm$ 1,6	=0,22	P= 0,496	

## 5.0 Diskusjon

### 5.1 Hovedfunn

Hastighetsbasert styrketrening kategorisert ved en lav grad av hastighetstap (15%) resulterte i tilsvarende endring i maksimal- og eksplosivstyrke, og morfologiske adaptasjoner sammenlignet med et større hastighetstap (30%). Begge de hastighetsbaserte treningsprogrammene har medført høyst signifikant økning i maksimal dynamisk- og isometrisk styrke. HBT gjennomført til et større hastighetstap (30% hastighetstap) har dog medført en litt større progresjon, men ikke signifikant. Det har ikke forekommet noen endring i de morfologiske parameterne. Resultatene indikerer at tung hastighetsbasert styrketrening med maksimal mobilisering i hver repetisjon, er gunstig for eksplosiv styrke ved å øke kraftkomponenten. Resultatene indikerer at HBT kategorisert ved et høyere hastighetstap ikke ser ut til å bidra til økt treningsutbytte når treningsvolumet er jevnstilt.

### 5.2 Maksimal styrke

Hypotese Én (H1) kan verifiseres. Det var ingen signifikante forskjeller mellom hastighetstapenes virkning på maksimal styrke målt dynamisk og isometrisk. Det kunne tenkes at ulik grad av hastighetstap mellom beina ( $\pm 15\%$ ), og dermed ulik grad av nevro-muskulærtretthet innenfor hvert sett, skulle medføre ulik endring (Sanchez-Medina and González-Badillo 2011). Resultatene viser likevel i samsvar med hypotesen, lik endring uavhengig av hastighetstapgrensene. Årsaken til resultatene er at treningsvolumet, vektmotstanden, hvileintervallene, treningsfrekvensen og bevegelsesbanen har vært lik mellom hastighetstapgrensene (Baker, Wilson et al. 1994, de Salles, Simao et al. 2009). Noe som dermed har medført lik endring uavhengig av graden av hastighetstap innenfor hvert sett. Resultatene indikerer dermed at en lavere grad av hastighetstap er like gunstig for maksimal styrkeøkning når resterende treningsvariabler er jevnstilte. Implikasjonene blir da at hastighetsbasert styrketrening kan gjennomføres uten behov for unødvendig trege og utmattende repetisjoner, ettersom et høyere hastighetstap ikke medfører økt styrkegevinst. Implikasjonene er også at en kan trene med et høyere hastighetstap, fordelen med dette vil være at treningsøkten blir mer effektiv ettersom en kan gjennomføre færre treningssett per økt og oppnå likt treningsvolum.

Resultatene indikerer at tung hastighetsbasert styrketrening (75-85% av 1RM) gjennomført med lineær økning av treningsvolumet og maksimal mobilisering i hver repetisjon er svært gunstig for både maksimal dynamisk og isometrisk styrkeøkning. Den dynamiske styrken har økt betraktelig mer enn den isometriske styrken (25,2% større økning). Årsaken til ulikhetene, kan være at selve treningen ble gjennomført dynamisk og styrkeadaptasjoner er oppgavespesifikke (Giorgi, Wilson et al. 1998, Blazevich and Jenkins 2002, Mcguigan, Newton et al. 2010). Det er ikke uvanlig at den dynamiske styrkeøkningen er større (10,1%) enn den isometriske, når selve treningsintervensjonen gjennomføres ved dynamisk aksjon (Schoenfeld, Grgic et al. 2017). Styrkeøkningen i denne studie er betraktelig større enn det Pareja-Blanco mfl. (2017a) har rapportert, selv om utvalget, treningsfrekvensen og hastighetsgrensene er relativt like (HT30% har 27,8% større økning enn HT40%). Deltagerne i min denne har trent med en høyere vektmotstand, 75%-80% av 1RM mot 50% til 70% av 1RM i studien til Pareja-Blanco mfl. (2017a). Det må også påpekes at treningsintervensjonen og testene av deltagerens maksimale dynamiske styrke er gjennomført i en annen øvelse enn det Pareja-Blanco mfl. (2017a) har i sin studie.

Andre hastighetsbaserte studier med jevnstilt vektmotstand har i likhet med mine resultater, ikke observert forskjeller i 1RM mellom ulike hastighetstapgrenser (Pareja-Blanco, Sánchez-Medina et al. 2017, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017, Pérez-Castilla, García-Ramos et al. 2018). Selv om HT40%-gruppen i Pareja-Blanco mfl. (2017a) trente til oppgaveutmattning/failure 56% av settene. Flere har spekulert i at trening til oppgaveutmattning (maksimalt hastighetstap) gir størst styrkegevinst (DeLorme 1945, Drinkwater, Lawton et al. 2005). Forskning har derimot vist at like store eller større gevinster i styrke kan oppnås uten å gjennomføre treningssettene til oppgaveutmattning (Folland, Irish et al. 2002, Izquierdo, Ibanez et al. 2006, Izquierdo-Gabarren, EXPÓSITO et al. 2010). Studier som har gjennomført settene til oppgaveutmattning med samme populasjon og treningsvolum har vist en styrkeframgang på  $35,3 \pm 4,3\%$  i 1RM. Denne fremgangen er omtrentlig like stor som både HT30% og HT15% i studie jeg har gjennomført.

I Pareja-Blanco mfl. (2017b) sammenlignet de nøyaktig de samme hastighetstapgrense og fant at kun HT15%-gruppen hadde en signifikant økning i 1RM, selv om HT30% hadde gjennomført et større treningsvolum. En mulig forklaring kan være at HT30% har akkumulert større mengder laktat og ammoniakk (Sanchez-Medina and González-Badillo 2011), men dette vil være tilfellet i min studie også. En større mengde metabolsk stress i kombinasjon



med et større treningsvolum kan muligens ha medført lengre restitusjonsperiode for HT30%. Da studien Pereja- Blanco mfl. (2017b) hadde en treningsfrekvens på tre dager i uken i kontrast til min studie, kan restitusjonsperioden for HT30% ha blitt for kort, og dermed medført en ikke- signifikant økning. Det må sies at treningsutbyttet for de to gruppene ikke var signifikant forskjellig, Pereja-Blaco mfl. (2017b) og mine resultater er dermed i samsvar.

### 5.3 Eksplosiv styrke

Hypotese to kan delvis verifiseres. Begge hastighetsreguleringene har resultert i høyere maksimal effekt, men ingen endring av RFD. Det var ingen forskjell i effekten hastighetstapene hadde på eksplosiv styrke. Årsaken til at det ikke ble observert noen forskjeller mellom hastighetstapgrensene er antagelig at treningsvolumet har vært jevnstilt mellom hastighetstapene, da treningsvolumet har vist seg å være essensielt for treningsutbyttet (Schoenfeld, Ogborn et al. 2017, Grgic, Schoenfeld et al. 2018). Det er nettopp jevnstillingen av treningsvolumet og hvileintervallene mellom hastighetstapgrensene som er det unike med mine resultater sammenlignet med andre hastighetsbaserte studier (Pereja-Blanco, Sánchez-Medina et al. 2017, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017, Pérez-Castilla, García-Ramos et al. 2018). Vektmotstanden har også vist seg å være en viktig treningsvariabel som har en direkte påvirkning på treningsutbyttet (Schoenfeld, Grgic et al. 2017). Da både treningsvolumet, hvileintervallene og vektmotstanden har vært identisk mellom hastighetstapene, har begge treningsprogrammene medført lik endring i eksplosiv styrke til tross for ulikhetene i hastighetstap. Resultatene indikerer dermed at både en lav grad (15%) av hastighetstap og et høyere hastighetstap (30%) vil medføre tilsvarende effekter for RFD, og kraftkomponenten samt hastighetskomponenten av effekt.

#### 5.3.1 RFD

Verken HT30% eller HT15% har hatt en signifikant endring i RFD. Variasjonene i RFD-verdiene som vist av standardavviket, indikerer at det er store ulikheter mellom deltageres eksplosive egenskaper. Det er mulig at en mer homogen populasjon hadde resultert i signifikant økning fra pretest til posttest. Det må også sies at, i utvelgelsen av data, ble den høyeste makskraften (N) av to MVC og ikke den høyeste RFD-verdien selektert. Hadde jeg valgt den høyeste RFD-verdien kan det hende at resultatene hadde blitt annerledes, men med utgangspunkt i p-verdien fra resultatene er dette lite trolig. Jeg vurderte det som p-fisking å selekere den beste RFD-verdien og den beste makskraft-verdien fra MVC, når de ikke tilhørte samme måling. Seleksjonsmetoden kan tenkes å gjøre resultatene fra RFD og

maksimal kraft mer sammenlignbare. En ulempe kan være at jeg til en viss grad har undervurdert effekten av treningsintervensjonen på RFD. Det må også sies at effekten treningen har hatt på RFD antagelig er påvirket av ulikhetene mellom aksjonsformen i treningen og testen (Harris, Cronin et al. 2007). Selv om det ikke har forekommet signifikant økning av RFD, er prosentvis endring for både HT30 (+16,25%) og HT15 (+ 12,51%) relativt lik det Aagaard mfl. (2002) har funnet (+ 15% i RFD). Aagaard mfl. (2002) hadde gjennomført tung styrketrening (3-10RM) på samme muskelgruppe med en litt lenger intervensjon ( $\frac{1}{3}$  lenger). Det er verdt å merke seg at deltagere i Aagaard mfl. (2002) var utrente og testene av RFD ble gjennomført i leggekstensjon og ikke beinpress som i min studie. Resultatene er dermed ikke direkte sammenlignbare.

### 5.3.2 Maksimal effekt

Begge hastighetstapene har resultert i økning av maksimal effekt (PP) med høy effektstørrelse ved 30% og 45% av 1RM. Fra 60% til 75% av 1RM var det derimot bare HT30 som oppnådde en signifikant økning, samtidig som HT30 oppnådde stor ES har HT15 triviell til liten ES. Årsaken til ulikheten blir klar når en ser nærmere på endring i kraft og kontraksjonshastighet, ettersom maksimal effekt er et resultat av disse to parameterne (Harris, STONE et al. 2000, Cormie, McGuigan et al. 2010). Både den maksimale styrken ved pretest og posttest, og den absolutte og relative vektmotstanden var lik ved effekt-testene. Kraftkomponenten kan dermed ikke være årsaken til ulikhetene mellom hastighetstapene. Ser en derimot nærmere på kontraksjonshastigheten gir resultatene mening. Ved posttest har begge hastighetstapgrensene resultert i en reduksjon av den maksimale hastigheten (PV) ved relative vektmotstander. Ved 45% av 1RM er endringen signifikant for begge hastighetstapene. Ved 60% av 1RM er det derimot bare HT15 som har medført en signifikant reduksjon. Ulikhetene skyldes dermed hastighetskomponenten PV, som er redusert for HT15 ved 60% av 1RM. Neste spørsmål blir da; hvorfor er hastigheten redusert for HT15 og ikke HT30? Større pennasjonsvinkling er assosiert med lavere kontraksjonshastighet, og økning av pennasjonsvinklingen kan dermed negativt påvirke den maksimale kontraksjonshastigheten (Cormie, McGuigan et al. 2011). Mens HT30 har hatt en reduksjon av pennasjonsvinklingen på 15,63% har HT15 medført en 5,16% økning. Forskjellen mellom hastighetstapenes påvirkning på pennasjonsvinklingen (20,47% forskjell) er dermed en plausibel morfologisk årsak til ulikhetene i både maksimal effekt og maksimal hastighet. Med dette sagt er det ingen signifikant forskjell mellom hastighetstapene, og jeg kan dermed ikke være helt sikker på at det har forekommet forskjeller mellom beina. Det er mulig at en lengre intervensjonsperiode

hadde forsterket ulikhetene og medført forskjeller mellom hastighetstapene.

Implikasjonene av hastighetstapenes virkning på effekt (PP), er i samsvar med andre studier, tung (>70% av 1RM) styrketrening er gunstig for den eksplosive styrken ved å øke kraftkomponenten (maksimal styrke) (Wilson, Newton et al. 1993, McBride, Triplett-McBride et al. 2002, Cormie, McCaulley et al. 2007). Økning i den maksimale styrken har økt den absolutte vektmotstanden ved effekttesten som dernest har økt maksimal effekt ved 30 og 45% av 1RM. Økning av kraftkomponenten skal teoretisk sett positivt påvirke egenskapen til å akselerere objekter inkludert kroppsmassen (Cormie, McCAULLEY et al. 2007). Etter styrkeøkning vil en gitt absolutt vektmotstand representere en lavere prosent av 1RM, og bevegelseshastigheten som kan oppnås er proporsjonal med den relative vektmotstanden (González-Badillo and Sánchez-Medina 2010). Min studie har dog ikke kvantifisert endringer i hastigheten ved absolutte vektmotstander, men endringer i hastigheten ved relative vektmotstander. Dette kan antagelig være årsaken til at det ikke ble funnet gunstig endring i maksimal hastighet, men det kan også være andre årsaker. McBride mfl. (2008) har gjennomført effekttester med relative vektmotstander og vist en signifikant økning i PV. Årsaken til ulikhetene mellom mine resultater og McBride mfl. (2008) er trolig ulikhetene i vektmotstanden (26-48% av 1RM mot 75-80% av 1RM) og målemetoden (kraftplattform mot lineær hastighetsmåler).

Selv om resultatene ikke direkte kan vise til forbedring i egenskapen til å akselerere egen kroppsmasse, indikerer den store forbedringen i kroppsvekt og styrkeforholdet at treningsintervensjonen har hatt en positiv virkning. Endringen i den maksimale styrken vil teoretisk sett forbedre egenskap til å akselerere egen kroppsmasse, da kroppsvekten har forblitt uendret. Det kunne vært interessant å vurdere effekten denne endringen ville hatt på eksplosive parametere som spensttester (CMJ og SJ) og sprinttester. Men da treningen ble gjennomført unilateralt måtte testene også eventuelt blitt gjennomført unilateralt. Å gjennomføre testene unilateralt hadde muligens medført utenforliggende faktorer som balanse, teknikk og læringseffekt og gjort resultatene vanskelig å vurdere. Spenst- og sprinttestene ble dermed ikke inkludert i testprotokollen.

### 5.3.3 Konsentrisk hastighet

Det ble ikke observert noen signifikante forskjeller mellom hastighetstapenes virkning på gjennomsnittlig hastighet eller maksimal hastighet. Begge hastighetstapene har gjennomført

repetisjonene med maksimal mobilisering. Begge hastighetstapene har også trent med lik relativ og absolutt vektmotstand, noe som er interessant ettersom hastigheten som kan oppnås er proporsjonal til vektmotstanden (Sanchez-Medina, Perez et al. 2010). Begge hastighetstapene har dermed trent med lik konsentrisk hastighet ved de første 15% med hastighetstap. HT30 har trent til et høyere hastighetstap og har dermed gjennomført de siste repetisjonene i hvert sett ved en lavere kontraksjonshastighet (Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell et al. 2017, Pérez-Castilla, García-Ramos et al. 2018). Et større hastighetstap for HT30 har likevel ikke resultert i forskjeller mellom hastighetstapenes virkning på kontraksjonshastigheten ved submaksimale vektmotstander. Ved 45% av 1RM har begge hastighetstapene resultert i en signifikant reduksjon av den maksimale hastigheten. Da de ikke har forekommet endringer i de morfologiske parameterne kan disse ikke forklare denne reduksjonen. Pretesten og posttesten er gjennomført på nøyaktig likt og kalkuleringen av de submaksimale vektmotstandene har vært lik. Det er dermed svært usannsynlig at reduksjonen skyldes tilfeldigheter eller prosedyre avvik. Selve årsaken til reduksjonen kan jeg ikke forklare med sikkerhet, men da begge hastighetstapene har medført reduksjon er det sannsynlig at det er selve treningsformen som er årsaken til virkning. Jeg vil argumentere for at det er den høye vektmotstanden som er årsaken til reduksjonen, da det er indikert av McBride mfl. (2002) at lavere vektmotstander (30% av 1RM) er mer gunstig for økning av hastigheten sammenlignet med høyere vektmotstand (80% av 1RM).

Hypotese tre kan delvis verifiseres. Verken HT30 eller HT15 har medført endringer i gjennomsnittlig hastighet. Hypotesen ble formulert med bakgrunn i det sterke og stabile forholdet mellom prosent av 1RM og den gjennomsnittlige hastigheten vist av tidligere forskning (Izquierdo, González-Badillo et al. 2006, González-Badillo and Sánchez-Medina 2010). Mine resultater er i samsvar med disse studiene. Men variasjonen i AV fra pretest til posttest er noe større enn González mfl. (2010) har rapportert (0,00 - 0,01 variasjon fra pretest til posttest) mot variasjonen fra mine resultater (0,024 – 0,074 fra pretest til posttest). En mulig årsak til ulikhetene mellom mine resultater og González-Badillo mfl. (2010) kan være at min studie kan vise betydelig større økning i 1RM (30,28% større økning). Videre kan ulikhetene mellom øvelsene som er benyttet og dermed også muskelgruppene som er involvert være en mulig årsak. Det må også påpekes at resultatene fra González-Badillo mfl. (2010) sin studie er basert på en større populasjon. Resultatene mine indikerer dog at trenere og atleter med fordel kan oppdatere krafthastighets-profiler etter stor økning i maksimal

styrke. Regelmessig oppdatering av hastigheten oppnådd ved submaksimale vektmotstander vil da trolig medføre høyere presisjon i estimering av treningsmotstand. Variasjonen har dog ikke påvirket kvaliteten på treningsintervensjonen ettersom hastighetstapene er regulert på bakgrunn av hastigheten i sann tid.

#### 5.4 Fysiologiske adaptasjoner

Hypotese fire (H4) kan falsifiseres. Det var ingen signifikante forskjeller i hypertrofi mellom hastighetstapene ved posttest. Hypotesen ble formulert med bakgrunn i funnene i Pareja-Blanco mfl. (2017b), hvor det største hastighetstapet oppnådde størst økning i hypertrofi på vastus lateralis. Det ble tenkt at et større hastighetstap og dermed større mengde akkumulert laktat innenfor hvert sett ville påvirke hypertrofi-adaptasjonen (Sanchez-Medina and González-Badillo 2011), men dette er altså ikke tilfellet. Da alle andre treningsvariabler bortsett fra hastighetstapet har vært identisk, kan jeg dermed konkludere med at hastighetstapene har hatt lik hypertrofisk effekt. Forskjellen i muskulært stress mellom hastighetstapene (15%) ser ikke ut til å medføre ulik virkning, da det totale muskulære stresset har vært identisk, som indikert av treningsvolumet. Det kunne tenkes at den hypertrofiske effekten skulle vært korrelert med deltagerens utvikling i styrke (Moritani and deVries 1979, Lieber and Fridén 2000, Folland and Williams 2007). Dog viser verken ultralydmålingene av vastus lateralis og rectus femoris muskeltykkelse (mm) eller målingene av muskelmassen (kg) ved en bioelektrisk impedansvekt (Tanita) data som kan forklare deltagerens styrkeøkning. Det kan hende at en mindre styrketrent populasjon hadde medført signifikante endringer (Giorgi, Wilson et al. 1998, Rhea, Alvar et al. 2003). Det kan også være at lengden på treningsintervensjonen har vært for kort for hypertrofi-adaptasjoner på styrketrente individer (Folland and Williams 2007). Etter 7-12 uker med styrketrening har flere observert økt muskeltykkelse og tverrsnitt hos utrente individer (Garfinkel and Cafarelli 1992, Rutherford and Jones 1992, Abe, DeHoyos et al. 2000).

Det er flere faktorer som er avgjørende for hypertrofisk respons, som muskelfibersammensetning, hormoner, treningsprogrammets utforming og etterfølgelse (Kraemer, Gordon et al. 1991, Baker, Wilson et al. 1994, Staron, Karapondo et al. 1994, Green, Goreham et al. 1999, Kraemer and Ratamess 2004). Muskelarkitekturen har plastisitet til endring når musklene blir utsatt for ny mekanisk stress (Williams and Goldspink 1978, Kawakami, Abe et al. 1993). Øvelsene deltagerne utførte igjennom intervensjonsperioden var for mange ikke en del av deres tidligere treningsprogram, og var dermed en ny type mekanisk

stress. Videre var gjennomføringen av den konsentriske fasen med maksimal mobilisering ukjent for utvalget. Det nevro-muskulære stresset har vært progressivt, vekt-motstanden har blitt individuelt tilpasset hvert individs styrke i sanntid og treningsvolumet har vært i lineær økning fra uke én til uke ni. Sånn sett har treningsintervensjonen lagt godt til rette for at hypertrofi adaptasjoner skulle oppstå (Baker, Wilson et al. 1994, Kraemer and Ratamess 2004). Min hypotese er at utførelsen av en ukjent mekanisk øvelse og ukjent konsentrisk og eksentrisk hastighet i hovedsak har forbedret deltagerens evne til å aktivere riktig muskulatur til riktig tid (motorisk læring). Da utvalget i min studie var studenter innenfor idrett hadde de gjennom intervensjonsperioden flere obligatoriske treningsøkter. De har dermed gjennomført ulike løpsøkter samtidig som underkroppens muskulatur har blitt påført stimuli fra dagligdagse gjøremål gjennom intervensjonsperioden. Denne stimuleringen kan tenkes å være et hinder for de morfologiske adaptasjonene ettersom gange, jogging og løping er en motstridende stimulering sammenlignet med tung styrketrening.

Resultatene kan heller ikke vise til noen signifikant endring i deltagerens pennasjonsvinkling og fasikkellengde målt ved vastus lateralis fra pre- til posttest. Årsaken er antagelig i likhet med resultatene fra hypertrofimålingene et resultat av den relativt korte treningsperioden. Økning i pennasjonen og anatomisk tverrsnitt har blitt vist å ha sammenheng med den kontraktile kraften en muskel kan skape (Aagaard, Andersen et al. 2001). I mine resultater ser det ikke ut å være noen korrelasjon mellom styrkeøkningen og pennasjonen eller muskeltykkelsen. Noen studier har funnet signifikante endringer i pennasjonsvinklingen etter treningsintervensjoner med tilnærmet like treningsvariabler, hvor målingene av muskelarkitekturen er gjennomført på samme muskelgruppe og med lik målemetode (Aagaard, Andersen et al. 2001, Blazeovich, Gill et al. 2003). I kontrast og i likhet med mine resultater, finner andre studier ingen signifikant endring i muskelarkitekturen etter treningsintervensjoner med relativt like treningsvariabler (fem til 12 uker med >80% av 1RM og 6RM) selv med økning i den maksimale dynamiske styrken (5-13%) (Rutherford and Jones 1992, Blazeovich, Gill et al. 2007).

Ingen av de målte fysiologiske parameterne kan forklare endringen i styrkeparameterne på en adekvat måte. Det er dog flere morfologiske adaptasjoner som kan oppstå etter styrketrening, men som ikke har blitt kvantifisert i dette forskningsprosjektet. Mulige konfunderende faktorer til deltagerens styrkeøkning kan være muskelfiberkonverteringer fra I til IIA eller IIB (Pette and Staron 1997, Ricoy, Encinas et al. 1998, Scott, Stevens et al. 2001). Det må sies at

det er omdiskutert om det virkelig kan oppstå muskelfiberkonverteringer. Det er mulig det har oppstått endringer av deltageres sene- og bindevevsstrukturer som teoretisk sett skal kunne påvirke kraftutviklingen (Reeves, Maganaris et al. 2003). Jeg vil argumentere for at lengden på treningsintervensjonen kan ha vært for kort for at morfologiske adaptasjoner skulle kunne oppstå. Med bakgrunn i det store misforholdet mellom styrkeøkning og morfologisk endring vil jeg argumentere for at endringene i styrkeparameterne er et resultat av nevrologiske adaptasjoner. Da endringer i nevrologiske parametere ikke har blitt kvantifisert i denne masteroppgaven kan jeg ikke gi noen forklaring på årsak til virkning. Men det er vist at tidlig (tre til fem uker) styrkeøkning er hovedsakelig mediert av nevrologiske adaptasjoner (Moritani and deVries 1979, Folland and Williams 2007). Evidensen knyttet til de nevrologiske adaptasjonene har blant annet blitt knyttet til forbedringer i aktivering av motorenheter og økt utladingsfrekvens som vist av økte EMG-verdier i korrelasjon med forbedret kraftutvikling i den tidlige (0-200ms) fasen av en styrkeøvelse (Aagaard, Simonsen et al. 2002). Forbedringer i deltageres koordinasjon og læring kan resultere i bedret rekruttering og aktivisering av muskulaturen involvert i øvelsene, noe som dernest teoretisk sett skal kunne øke kraftutviklingen (Sale, MacDougall et al. 1983). Det kan også tenkes at endringer i samspillet mellom antagonistene, agonistene og synergistene kan ha blitt forandret og påvirket kraftutviklingen direkte (Hakkinen & Komi. 1983). Alle de nevnte nevrologiske adaptasjonene er mulige hypoteser for videre forskning, men blir per dags dato bare spekulasjoner etter som det ikke er gjennomført målinger og kontroller for dette.

## 5.5 Styrker og svakheter

### 5.5.1 Design

Studiedesignet som ble valgt var en stratifisert randomisert intervensjonsstudie med to ulike hastighetstapgrenser. De to hastighetstapgrensene gjennomførte treningsintervensjonen med nøyaktig lik vektmotstand, treningsvolum, hvileintervaller og treningsfrekvens. Et viktig aspekt ved denne studien var at treningsmotstanden ble kontrollert ved å kvantifisere og registrere hastigheten av hver repetisjon ved bruk av en lineær hastighetsmåler. Den objektive kontrollen av den faktiske repetisjonshastigheten utført, gjorde det mulig å isolere effekten de to hastighetstapene hadde på observerte adaptasjoner. Da denne intervensjonen kan anses som en behandling, kan det være ønskelig med en kontrollgruppe å sammenligne med, det var ingen særegen kontrollgruppe i min studie. Men da hvert individ gjennomførte to ulike

hastighetstapgrenser gjennomført unilateralt, fungerer det ene beinet som kontroll for det andre og motsatt. Hvert individ hadde lik styrke ( $P=0,951$ ) og muskelarkitektur i hvert bein ( $P=0,490$  til  $0,938$ ), samtidig som hvert bein fikk omtrent like mye hvile, næring og utførte et like stort treningsvolum per uke ( $P=0,498$ ). Stratifiseringen av hvilket av beinene til deltagerne som skulle stoppe settet ved hastighetstapgrense 30% eller 15% gjorde det mulig å fordele antall dominante bein innenfor hvert hastighetsbaserte-treningsprogram. Stratifiseringen gjorde det også helt tilfeldig hvilken hastighetstapgrense som tilhørte hvilket bein (Kearns, Isokawa et al. 2001). Det er en fordel å kunne blinde forsøk, men da det var essensielt for testleder å ha kontroll på behandlingene, og det var praktisk talt umulig å blinde deltagerne, var blinding ikke en mulighet.

### 5.5.2 Metode

En styrke ved min studie er bruken av flere responsvariabler både for fysiologiske parametere og styrkeparametere. Dette gir resultatene dybde til å forklare effekter av HBT. Om en ikke hadde hatt kontroll på forsøksbetingelsene kunne dette vært problematisk med tanke på tilfeldigheter. Men den metodiske kontrollen av treningsvariablene: Vektmotstand, hvileintervaller, treningsfrekvens, treningsvolum, bevegelsesbane, bevegeshastighet og hastighetsfall reduserer risikoen for tilfeldigheters innvirkning. Det ble tatt stilling til andre former for skjevhet ved å bruke valide måleinstrument med god reliabilitet som ble kalibrert opp mot kjente standarder (ESCAMILLA, FLEISIG et al. 2001, Cronin, Hing et al. 2004, Miyatani, Kanehisa et al. 2004, Bosquet, Porta-Benache et al. 2010, Hansen, Cronin et al. 2011, Jovanović and Flanagan 2014, Verney, Schwartz et al. 2015, Seynnes and Cronin 2020). Videre er alle målingene gjennomført av samme operatør, samtidig som alle treningsøktene ble veiledet, tilpasset og kontrollert av et individ. Det er dermed lav sannsynlighet for feilinformasjon sammenlignet med andre metoder for datainnsamling, som for eksempel spørreskjema. Alle parameterne ble kvantifisert på tilnærmet lik tid på døgnet ( $\pm 2$  timer), på samme lokalitet. Mulige konfunderende faktorer for treningseffekten ble eliminert ved å fraråde deltagerne å drive annen styrketrening eller spensttrening på beinmuskulaturen gjennom intervensjonsperioden. Kontrollen over de nevnte variablene, sammen med standardiseringen av deltagernes sittestilling, gir etter min mening denne studien en høy reliabilitet og indre validitet. Sammenlignet med andre hastighetsbaserte studier Pereja-Blanco mfl. (2017a og 2017b) og Pèrez-Costilla mfl. (2018) har min studie et særegent datagrunnlag som gjennom et kausalt forhold kan beskrive virkningen av to hastighetstapgrenser.



### 5.5.3 Forsøkspersonene

Skadefrie og styrketrente individer ble rekruttert til studien. Styrketrente ble definert som individer som har drevet styrketrening minimum to dager i uken de to siste årene før pretest. Styrketrente individer ble selektert ettersom utrente individer høyst sannsynlig ville hatt en stor styrkeprogresjon, selv ved en treningsintervensjon med lavere vektmotstand og lavere treningsvolum (Häkkinen, Pakarinen et al. 1988, Giorgi, Wilson et al. 1998, Rhea, Alvar et al. 2003). Selv om alle deltagerne hadde treningsgrunnlag fra styrketrening, var det svært varierende hvilken form for styrketrening de hadde drevet med, og dermed også deres styrke. Dette blir innlysende når en ser nærmere på standardavviket fra styrkeparameterne. Ulempen med variasjonen i treningsstatusen hos deltagerne er at mindre trente ofte responderer bedre på treningsintervensjoner enn godt trente individer (Häkkinen, Pakarinen et al. 1988, Baker, Wilson et al. 1994, Giorgi, Wilson et al. 1998, Rhea, Alvar et al. 2003). Men siden deltagerne ble sammenlignet med seg selv, vil potensialet i framgang være lik. Dette er dermed noe designet har tatt høyde for. Samtlige deltagerne har vist en signifikant økning i styrke både ved isometrisk og dynamisk aksjon. Deltageren som løftet færrest kilo ved 1RM-testen hadde en økning på 53% fra pretest til posttest, mot deltageren som løftet flest kilo med en økning på 29%.

Personer med skader ble ekskludert fra studien. Kriteriene for deltagelse ble satt for å styrke den eksterne validiteten og gjør studien mer generaliserbar for den gitte populasjonen. En ulempe med denne studien er at utvalget er relativt lite, noe som medfører lavere ekstern validitet og generaliserbarhet (Lakke et al, 2015, s. 279). Det skulle gjerne vært flere deltagerne med, men tidsrammen, tilgangen på villige forsøkspersoner, samt frafallet var et hinder for dette. Dette kan muligens være problematisk med tanke på type to feil, men da p-verdien for de signifikante parameterne er lav, tror jeg ikke et større utvalg ville endret resultatene i noen særlig grad. Videre er utvalgsstørrelsen på høyde med andre HBT-studier.

### 5.5.4 Frafall

Da det er frivillig å delta i studier og alle deltagerne har rett til å trekke seg når som helt uten begrunnelse, er det ikke uvanlig at noen deltagerne trekker seg. Med et frafall på 62,96% fra tilvenningstest til posttest kan min studie beskrives som å ha et stort frafallbias.

Hovedfaktoren som er årsak til frafallet, er manglende motivasjon fra deltagerne. Deltagerne som trakk seg beskriver treningen som tung, og ønsker å bedrive andre former for styrketrening på underkroppen. Noen av deltagerne måtte trekke seg på grunn av smerter i

seneestet inferior eller superior for patella, og noen deltagere sluttet på studiet og flyttet. I etterpåklokskap kunne det med fordel vært inkludert en tilvenningsperiode på en uke for å gjøre deltagerne bedre kjent med treningsformen, og for å luke ut mindre motiverte individer. Under denne tilvenningsperioden kunne vektmotstanden med fordel vært lavere (<60 av 1RM). Lavere vektmotstand kunne muligens forberedt deltagerne mentalt, og gitt de nevrologiske og morfologiske strukturene tid til å tilpasse seg treningsformen. Deltagerne som valgte å gjennomføre hele treningsintervensjonen har tilsynelatende vært motiverte, og har følt glede og mestring over styrkeprogresjonen. Ved pretest hadde deltagere gjennomført over 90% av alle treningsøktene (per-protocol analyse). Resultatene fra studien er dermed basert på sammenligninger av deltagere som har gjennomført like mange treningsøkter. Dette gjør det mulig å estimere sann effekt av behandlingen.

## 6.0 Konklusjon

Målet med denne studien var å sammenligne effektene av to hastighetsbaserte treningsintervensjoner med virkelig jevnstilte treningsvariabler, men med ulik grad av hastighetstap innenfor hvert sett. Resultatene antyder at akkumulering av større mengder muskeltretthet som indikert av hastighetstapet, ikke ser ut bidra til større treningsutbytte når treningsvolumet, vektmotstanden, hvileintervallene og treningsfrekvensen er jevnstilt. Overvåking av hastighet og regulering av hastighetstap, kan dermed antagelig være en metode for å unngå unødvendig trege (stort hastighetstap) og utmattende repetisjoner.

### 6.1 Praktiske applikasjoner

Resultatene fra denne masteroppgaven bidrar til å utvide kunnskapsgrunnlaget for prosessen og metoden for overvåking av treningsmotstanden under styrketrening. Graden av hastighetstap oppnådd innenfor hvert sett kan bidra til å gi gyldig informasjon om den graden av nevro-muskulærtretthet som er optimal for å maksimere treningsutbyttet. Hastigheten på repetisjonene og graden av hastighetstap er dermed to variabler som burde overvåkes under styrketrening. Med bakgrunn i studiens resultater vil ikke 15% forskjell i hastighetstap medføre ulikt treningsutbytte, implikasjonene er da at utøvere og atleter kan velge ut ifra egne preferanser. Ved sammenligninger av treningsutbytte mellom flere individer er det essensielt at treningsvolumet er jevnstilt, da treningsutbyttet i stor grad er avhengig av det totale muskulære stresset. Kvantifiseringer av hastighetstap og vektmotstand burde vurderes på bakgrunn av den gjennomsnittlige hastigheten, da AV er et bedre mål på en utøvers kapasitet til å forflytte vekten gjennom helle den konsentriske fasen av en øvelse. For presis vurdering av hastighetstap og innsats burde den konsentriske fasen av øvelser gjennomføres ved den maksimale hastigheten en kan forflytte en gitt vektmotstand. HBT-metodens muliggjør statistisk og visuell fremstilling av hastighetsparametere og kraftparametere via koblingen mellom Hastighetsmålere, DSU og laptop eller nettbrett. Tilbakemeldinger på slike data ser ut til å motivere individer til å prestere etter beste evne som antagelig resultater i bedret treningskvalitet.

## Referanseliste

Aagaard, P., et al. (2001). "A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture." The journal of physiology **534**(2): 613-623.

Aagaard, P., et al. (2002). "Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training." Journal of applied physiology **93**(4): 1318-1326.

Abe, T., et al. (2000). "Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women." European journal of applied physiology **81**(3): 174-180.

Abe, T., et al. (2000). "Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners." Medicine & Science in Sports & Exercise **32**(6): 1125-1129.

Adams, G. R. (1998). "Role of insulin-like growth factor-I in the regulation of skeletal muscle adaptation to increased loading." Exercise and sport sciences reviews **26**: 31-60.

Adams, K. (2002). "Progression models in resistance training for healthy adults." Medicine & Science in Sports & Exercise **34**(2): 364-380.

Akima, H., et al. (1999). "Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training." Medicine and science in sports and exercise **31**(4): 588-594.

Alkner, B. A., et al. (2000). "Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press." Medicine & Science in Sports & Exercise **32**(2): 459.

Andersen, L. L., et al. (2005). "Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining." Journal of applied physiology **99**(1): 87-94.

Azizi, E., et al. (2008). "Variable gearing in pennate muscles." Proceedings of the National Academy of Sciences **105**(5): 1745-1750.

Baker, D., et al. (2001). "The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes." Journal of Strength and Conditioning Research **15**(1): 92-97.

Baker, D., et al. (1994). "Generality versus specificity: a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed-strength." European journal of applied physiology and occupational physiology **68**(4): 350-355.

Baker, D., et al. (1994). "Periodization: The effect on strength of manipulating volume and intensity." J Strength Cond Res **8**(4): 235-242.

Banyard, H. G., et al. (2019). "Comparison of the effects of velocity-based training methods and traditional 1RM-percent-based training prescription on acute kinetic and kinematic variables." International journal of sports physiology and performance **14**(2): 246-255.

Behm, D. G. and D. G. Sale (1993). "Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response." Journal of applied physiology **74**(1): 359-368.

Berger, R. A. (1962). "Optimum repetitions for the development of strength." Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation **33**(3): 334-338.

Blazevich, A. J., et al. (2003). "Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes." Medicine & Science in Sports & Exercise **35**(12): 2013-2022.

Blazevich, A. J., et al. (2007). "Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training." Muscle & nerve **35**(1): 78-86.

Blazevich, A. J. and D. G. Jenkins (2002). "Effect of the movement speed of resistance training exercises on sprint and strength performance in concurrently training elite junior sprinters." Journal of sports sciences **20**(12): 981-990.

Blazevich, A. J. and N. C. Sharp (2005). "Understanding muscle architectural adaptation: macro-and micro-level research." Cells Tissues Organs **181**(1): 1-10.

Bosquet, L., et al. (2010). "Validity of a commercial linear encoder to estimate bench press 1 RM from the force-velocity relationship." Journal of sports science & medicine **9**(3): 459.

Cormie, P., et al. (2007). "Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship." Medicine & Science in Sports & Exercise **39**(6): 996-1003.

Cormie, P., et al. (2007). "Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises." Medicine and science in sports and exercise **39**(2): 340-349.

Cormie, P., et al. (2010). "Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training." Medicine & Science in Sports & Exercise **42**(8): 1582-1598.

Cormie, P., et al. (2011). "Developing maximal neuromuscular power." Sports medicine **41**(1): 17-38.

Crewther, B., et al. (2006). "Possible stimuli for strength and power adaptation." Sports medicine **36**(3): 215-238.

Cronin, J. B., et al. (2004). "Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance." The Journal of Strength & Conditioning Research **18**(3): 590-593.

Cronin, J. B., et al. (2003). "Force-velocity analysis of strength-training techniques and load: implications for training strategy and research." Journal of Strength and Conditioning Research **17**(1): 148-155.

de Salles, B. F., et al. (2009). "Rest interval between sets in strength training." Sports medicine **39**(9): 765-777.

Delecluse, C., et al. (2003). "Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training." Medicine & Science in Sports & Exercise **35**(6): 1033-1041.

DeLorme, T. L. (1945). "Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises." JBJS **27**(4): 645-667.

Drinkwater, E. J., et al. (2005). "Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes." The Journal of Strength & Conditioning Research **19**(2): 382-388.

Duffey, M. J. and J. H. Challis (2007). "Fatigue effects on bar kinematics during the bench press." Journal of Strength and Conditioning Research **21**(2): 556.

ESCAMILLA, R. F., et al. (2001). "Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press." Medicine & Science in Sports & Exercise **33**(9): 1552-1566.

Farinatti, P. T., et al. (2013). "Effects of different resistance training frequencies on the muscle strength and functional performance of active women older than 60 years." The Journal of Strength & Conditioning Research **27**(8): 2225-2234.

Folland, J. P., et al. (2002). "Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training." British journal of sports medicine **36**(5): 370-373.

Folland, J. P. and A. G. Williams (2007). "Morphological and neurological contributions to increased strength." Sports medicine **37**(2): 145-168.

Garfinkel, S. and E. Cafarelli (1992). "Relative changes in maximal force, EMG, and muscle cross-sectional area after isometric training." Medicine and science in sports and exercise **24**(11): 1220-1227.

Gibala, M., et al. (1995). "Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise." Journal of applied physiology **78**(2): 702-708.

Giorgi, A., et al. (1998). "Functional isometric weight training: its effects on the development of muscular function and the endocrine system over an 8-week training period." The Journal of Strength & Conditioning Research **12**(1): 18-25.

González-Badillo, J., et al. (2016). "Short-term recovery following resistance exercise leading or not to failure." International journal of sports medicine **37**(04): 295-304.

González-Badillo, J. J., et al. (2014). "Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training." European journal of sport science **14**(8): 772-781.

González-Badillo, J. J. and L. Sánchez-Medina (2010). "Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training." International journal of sports medicine **31**(05): 347-352.

Green, H., et al. (1999). "Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise." American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology **276**(2): R591-R596.

Grgic, J., et al. (2018). "Effect of resistance training frequency on gains in muscular strength: a systematic review and meta-analysis." Sports medicine **48**(5): 1207-1220.

HAKKINEN, K. and P. KOMI (1983). "Electromyographic changes during strength training and detraining." Medicine & Science in Sports & Exercise **15**(6): 455-460.

Hansen, K. T., et al. (2011). "The reliability of linear position transducer and force plate measurement of explosive force-time variables during a loaded jump squat in elite athletes." The Journal of Strength & Conditioning Research **25**(5): 1447-1456.

Harris, G. R., et al. (2000). "Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods." The Journal of Strength & Conditioning Research **14**(1): 14-20.

Harris, N., et al. (2007). "Contraction force specificity and its relationship to functional performance." Journal of sports sciences **25**(2): 201-212.



Harris, N. K., et al. (2010). "Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners." Strength & Conditioning Journal **32**(4): 66-79.

Harris, N. K., et al. (2008). "Squat jump training at maximal power loads vs. heavy loads: Effect on sprint ability." The Journal of Strength & Conditioning Research **22**(6): 1742-1749.

Helland, C., et al. (2017). "Training strategies to improve muscle power: Is Olympic-style weightlifting relevant?"

Hughes, L. J., et al. (2019). "Using load-velocity relationships to quantify training-induced fatigue." The Journal of Strength & Conditioning Research **33**(3): 762-773.

Häkkinen, K., et al. (1988). "Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day." European journal of applied physiology and occupational physiology **57**(2): 133-139.

Izquierdo-Gabarren, M., et al. (2010). "Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains." Medicine & Science in Sports & Exercise **42**(6): 1191-1199.

Izquierdo, M., et al. (2006). "Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions." International journal of sports medicine **27**(09): 718-724.

Izquierdo, M., et al. (2006). "Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains." Journal of applied physiology **100**(5): 1647-1656.

Jacobson, B. (1981). "Reach failure to gain success." Strength & Conditioning Journal **3**(2): 24-25.

Jaric, S. (2002). "Muscle strength testing." Sports medicine **32**(10): 615-631.

Jidovtseff, B., et al. (2011). "Using the load-velocity relationship for 1RM prediction." The Journal of Strength & Conditioning Research **25**(1): 267-270.

Jones, D. and O. Rutherford (1987). "Human muscle strength training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes." The journal of physiology **391**(1): 1-11.

Jones, K., et al. (2001). "The effects of varying resistance-training loads on intermediate-and high-velocity-specific adaptations." Journal of Strength and Conditioning Research **15**(3): 349-356.

Jovanović, M. and E. P. Flanagan (2014). "Researched applications of velocity based strength training." J Aust Strength Cond **22**(2): 58-69.

Kaneko, M. (1983). "Training effect of different loads on thd force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle." Scand. J. Sports Sci. **5**: 50-55.

Kawakami, Y., et al. (1993). "Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles." Journal of applied physiology **74**(6): 2740-2744.

Kearns, C. F., et al. (2001). "Architctural characteristics of dominant leg muscles in junior soccer players." European journal of applied physiology **85**(3-4): 240-243.

Komi, P. (2008). Strength and power in sport, John Wiley & Sons.

Kraemer, W. (1991). "Gordon SE, Fleck SJ, Marchitelli LJ, Mello R, Dziados JE, Friedl K, Harman E, Maresh C, and Fry AC." Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. Int J Sports Med **12**: 228-235.

Kraemer, W. J. (1987). Endocrine responses to resistance exercise, ARMY RESEARCH INST OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA.

Kraemer, W. J., et al. (1991). "Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females." International journal of sports medicine **12**(02): 228-235.

Kraemer, W. J. and N. A. Ratamess (2004). "Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription." Medicine & Science in Sports & Exercise **36**(4): 674-688.

Lawton, T. W., et al. (2006). "Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output." Journal of Strength and Conditioning Research **20**(1): 172.

Levinger, I., et al. (2009). "The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals." Journal of science and medicine in sport **12**(2): 310-316.

Lieber, R. L. and J. Fridén (2000). "Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture." Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine **23**(11): 1647-1666.

Lieber, R. L. and J. Fridén (2001). "Clinical significance of skeletal muscle architecture." Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007) **383**: 140-151.

MacDougall, J. D., et al. (1995). "The time course for elevated muscle protein synthesis following heavy resistance exercise." Canadian journal of applied physiology **20**(4): 480-486.

Maffiuletti, N. A., et al. (2016). "Rate of force development: physiological and methodological considerations." European journal of applied physiology **116**(6): 1091-1116.

Maughan, R., et al. (1983). "Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle." The journal of physiology **338**(1): 37-49.

McBride, J. M., et al. (2002). "The effect of heavy-vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed." The Journal of Strength & Conditioning Research **16**(1): 75-82.

Mcguigan, M. R., et al. (2010). "Relationship between isometric and dynamic strength in recreationally trained men." The Journal of Strength & Conditioning Research **24**(9): 2570-2573.

Medicine, A. C. o. S. (2009). "American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults." Medicine and science in sports and exercise **41**(3): 687.

Miyatani, M., et al. (2004). "The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups." European journal of applied physiology **91**(2-3): 264-272.

Moritani, T. and H. A. deVries (1979). "Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain." American journal of physical medicine **58**(3): 115-130.

Moss, B., et al. (1997). "Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships." European journal of applied physiology and occupational physiology **75**(3): 193-199.

Nagata, A., et al. (2018). "The Effect of Augmented Feedback Type and Frequency on Velocity-Based Training-Induced Adaptation and Retention." Journal of Strength and Conditioning Research.

Narici, M. V., et al. (1989). "Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps." European journal of applied physiology and occupational physiology **59**(4): 310-319.

Newton, R. U., et al. (1997). "Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements." European journal of applied physiology and occupational physiology **75**(4): 333-342.

Noakes, T. D. (2011). "Time to move beyond a brainless exercise physiology: the evidence for complex regulation of human exercise performance." Applied physiology, nutrition, and metabolism **36**(1): 23-35.

O'Shea, P. (1966). "Effects of selected weight training programs on the development of strength and muscle hypertrophy." Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation **37**(1): 95-102.

Pareja-Blanco, F., et al. (2017). "Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players." International journal of sports physiology and performance **12**(4): 512-519.

Pareja-Blanco, F., et al. (2017). "Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure." Clinical physiology and functional imaging **37**(6): 630-639.

Pareja-Blanco, F., et al. (2017). "Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations." Scandinavian journal of medicine & science in sports **27**(7): 724-735.

Pearson, S. N., et al. (2009). "Kinematics and kinetics of the bench-press and bench-pull exercises in a strength-trained sporting population." Sports biomechanics **8**(3): 245-254.

Pérez-Castilla, A., et al. (2018). "Effect of different velocity loss thresholds during a power-oriented resistance training program on the mechanical capacities of lower-body muscles." Journal of sports sciences **36**(12): 1331-1339.

Peterson, M. D., et al. (2004). "Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship." The Journal of Strength & Conditioning Research **18**(2): 377-382.

Pette, D. and R. S. Staron (1997). Mammalian skeletal muscle fiber type transitions. International review of cytology, Elsevier. **170**: 143-223.

Phillips, S. (1997). "Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR." Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. Am J Physiol Endocrinol Metab **273**: E99-E107.

Phillips, S. M. (2000). "Short-term training: when do repeated bouts of resistance exercise become training?" Canadian journal of applied physiology **25**(3): 185-193.

Ramírez, J. M., et al. (2015). "Velocity-based training of lower limb to improve absolute and relative power outputs in concentric phase of half-squat in soccer players." The Journal of Strength & Conditioning Research **29**(11): 3084-3088.

Randell, A. D., et al. (2011). "Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests." The Journal of Strength & Conditioning Research **25**(1): 87-93.

Reeves, N. D., et al. (2003). "Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals." The journal of physiology **548**(3): 971-981.

Rhea, M. R., et al. (2003). "A meta-analysis to determine the dose response for strength development." Medicine & Science in Sports & Exercise **35**(3): 456-464.

Ricoy, J., et al. (1998). "Histochemical study of the vastus lateralis muscle fibre types of athletes." Journal of physiology and biochemistry **54**(1): 41-47.

Rooney, K. J., et al. (1994). "Fatigue contributes to the strength training stimulus." Medicine and science in sports and exercise **26**(9): 1160-1164.

Roth, S. M., et al. (2001). "Muscle size responses to strength training in young and older men and women." Journal of the American Geriatrics Society **49**(11): 1428-1433.

Rutherford, O. and D. Jones (1992). "Measurement of fibre pennation using ultrasound in the human quadriceps in vivo." European journal of applied physiology and occupational physiology **65**(5): 433-437.

Sale, D., et al. (1983). "Effect of strength training upon motoneuron excitability in man." Medicine and science in sports and exercise **15**(1): 57-62.

Sánchez-Medina, L., et al. (2014). "Velocity-and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises." International journal of sports medicine **35**(03): 209-216.

Sanchez-Medina, L. and J. J. González-Badillo (2011). "Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training." Medicine and science in sports and exercise **43**(9): 1725-1734.

Sanchez-Medina, L., et al. (2010). "Importance of the propulsive phase in strength assessment." International journal of sports medicine **31**(02): 123-129.

Schoenfeld, B. J., et al. (2017). "Strength and hypertrophy adaptations between low-vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis." The Journal of Strength & Conditioning Research **31**(12): 3508-3523.

Schoenfeld, B. J., et al. (2017). "Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis." Journal of sports sciences **35**(11): 1073-1082.

Scott, W., et al. (2001). "Human skeletal muscle fiber type classifications." Physical therapy **81**(11): 1810-1816.

Seynnes, O. R. and N. J. Cronin (2020). "Simple Muscle Architecture Analysis (SMA): An ImageJ macro tool to automate measurements in B-mode ultrasound scans." PLoS ONE **15**(2): e0229034.

Seynnes, O. R., et al. (2007). "Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training." Journal of applied physiology **102**(1): 368-373.

Shaw, M. P., et al. (2020). "Contemporary Training Practices of Norwegian Powerlifters." The Journal of Strength & Conditioning Research.

Staron, R., et al. (1994). "Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women." Journal of applied physiology **76**(3): 1247-1255.

Staron, R. S., et al. (2000). "Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women." Journal of histochemistry & cytochemistry **48**(5): 623-629.

Stone, M. H., et al. (1996). "Training to muscular failure: is it necessary?" Strength & Conditioning Journal **18**(3): 44-48.

Thorstensson, A., et al. (1976). "Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle." Acta Physiologica Scandinavica **98**(2): 232-236.

Van Cutsem, M., et al. (1998). "Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans." The journal of physiology **513**(1): 295-305.

Verney, J., et al. (2015). "Comparisons of a multi-frequency bioelectrical impedance analysis to the dual-energy X-ray absorptiometry scan in healthy young adults depending on their physical activity level." Journal of human kinetics **47**(1): 73-80.

Weiss, L. W., et al. (1999). "Differential functional adaptations to short-term low-, moderate-, and high-repetition weight training." The Journal of Strength & Conditioning Research **13**(3): 236-241.

Willardson, J. M. (2007). "The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs." Journal of Strength and Conditioning Research **21**(2): 628.

Willardson, J. M. and L. N. Burkett (2005). "A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout." The Journal of Strength & Conditioning Research **19**(1): 23-26.

Willardson, J. M. and L. N. Burkett (2006). "The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads." Journal of Strength and Conditioning Research **20**(2): 396.

Willardson, J. M., et al. (2010). "Training to failure and beyond in mainstream resistance exercise programs." Strength & Conditioning Journal **32**(3): 21-29.



Williams, P. E. and G. Goldspink (1978). "Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle." Journal of anatomy **127**(Pt 3): 459.

Wilson, G. J., et al. (1995). "Assessing dynamic performance: A comparison of rate of force development tests." J Strength Cond Res **9**(3): 176-181.

Wilson, G. J., et al. (1993). "The optimal training load for the development of dynamic athletic performance." Medicine and science in sports and exercise **25**(11): 1279-1286.

Winchester, J. B., et al. (2008). "Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression." The Journal of Strength & Conditioning Research **22**(6): 1728-1734.

## Vedlegg

### Vedlegg 1. Informasjonsskriv med Samtykkeerklæring

#### **Vil du delta i forskningsprosjektet**

##### **Effekter av hastighetsbasert styrketrening på maksimal- og eksplosiv styrke**

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å måle og analysere effektene av hastighetsbasert styrketrening av beinmuskulaturen. Dette skrivet gir deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltagelse vil innebære for deg.

##### **Formål:**

Dette masterprosjektet har som målsetning å analysere effektene av to hastighetsbaserte styrketreningsprogrammer som bruker den samme vektmotstanden og treningsvolumet, men med ulik grad av hastighetstap innenfor hvert sett. Repetisjonsvolumet og trettheten i musklene vil bli regulert ved hastighetstapet under settet som er den uavhengige variabelen: 15% (HT15) vs. 30% (HT30). Det er i dag lite kunnskap om hvordan trening konfigurert med bakgrunn i tapet i bevegelseshastighet påvirker menneskers styrke, hypertrofi og muskulære strukturering. Kunnskapen som studiet vil samle inn vil dermed bidra til økt kunnskap og forståelse for hvordan hastighetsbasert styrketrening påvirker menneskers atletiske prestasjoner.

##### **Hvem ønsker vi skal delta?**

Vi ønsker å rekruttere så mange styrketrente (2 års erfaring) studenter (alder 18-35 år) som mulig fra HVL avdeling Sogndal. Deltagerne vil gjennomføre styrketrening av underekstremiteten med øvelsene beinpress og kneekspensjon. Deltagerne vil følge et 10 ukers (totalt 19 økter) hastighetsbasert styrketreningsprogram med øvelsene beinpress og kneekstensjon.

## Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

- HVL avdeling Sogndal
- Student: Martin Baarholm
- Veileder: Atle Hole Sæterbakken
- Biveileder: Vidar Andersen
- Samarbeidspartnere: Olympiatoppen. Ekstern oppdragsgiver: Gjørán Paulsen.

## Inklusjonskriterier for deltagere

- Alder (18-30 år)
- Kjønn (menn og kvinner)
- Erfaring fra styrketrening (minimum 2 år)
- Styrkekapasitet (må minimum klare egen kroppsvekt i beinpress)
- Oppmøte ved avtalte treningsøkter.
- Skadefri de siste 6 måneder.
- Deltagere kan ikke bedrive annen styrketrening eller spensttrening som trener setemuskulaturen og lårmuskulaturen samtidig som forskningsprosjektet pågår.

## Eksklusjonskriterier

- Bruk av prestasjonsfremmende midler
- Sykdom som svekker muskler og ledd
- Personer som ikke klarer å gjennomføre øvelsene med riktig teknikk og dermed står i fare for å skade seg.

## Hva skal testes?

Det vil bli gjennomført fysiske tester ved starten av den 10 uker lange treningsperioden og ved slutten. Testene er som følger:

- Maksimalstyrketest dynamisk (1RM) og isometrisk (N)
- Eksplosiv styrke (RFD og maksimal effekt)

- Kroppssammensetning: For å kvantifisere mulige forandringer i deltagernes kroppssammensetning (fett, muskelmasse og beinmineral masse).
- Ultralyd: For å måle endinger i muskelarkitektur

Inntak av alkohol eller annen anstrengende trening skal ikke forekomme 48 timer før testing. Hvert testtidspunkt vil bli adskilt med minimum 48 timer.

### **Fordeler:**

- Gratis testing – fysiologiske tester som i utgangspunktet er dyre.
- Innblikk i gjennomføring av et forskningsprosjekt.
- Tett oppfølging og veiledning.

### **Ulemper:**

- Deltagerne kan ikke bedrive andre former for styrketrening som spesifikt trener setemuskulaturen eller lårmuskulaturen under den 10 uker lange treningsperioden.

### **Hva innebærer det å delta?**

- Hvis du velger å delta i prosjektet, innebærer det at du deltar på to styrketreningsøkter per uke på ca. 40 minutter hver over 10 uker. Treningsøktene vil bli gjennomført individuelt på Spenst treningssenter ved HVL avdeling Sogndal med prosjektansvarlig som veileder.

## **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

## **Ditt personvern- hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Vi vil bare bruke opplysninger om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er bare forskergruppene som har tilgang på dine opplysninger, opplysningene vil bli trygt lagret på en sikret harddisk. Ved slutten av forskningsprosjektet vil all informasjon som kan identifisere deg bli slettet. Et spørreskjema vil bli brukt til å hente inn personopplysningene, mens resultatene for de nevnte testene blir samlet inn under testene.

## **Dine rettigheter**

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- Innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- å få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger og å sende klage til personvernombudet eller datatilsynet om behandling av dine personopplysninger.

## **Hvilke personopplysninger vil studien behandle?**

- Navn, alder, kjønn, høyde og vekt.
- Kontaktopplysninger: telefonnummer og epost.
- Målinger av kroppssammensetning: Målinger av fett% og Muskelmasse%. Data vil bli lagret på en innebygget harddisk på selve måleinstrumentet.

- Målinger av muskeltykkelse, fasikkellengde og vinkling ved pre- og posttest av rectus femoris og vastus lateralis. Data vil bli lagret på en innebygget harddisk på selve måleinstrumentet.
- All data som vil bli innsamlet vil bli sikret for uvedkomne ved at alle deltagerne får randomiserte koder som data blir lagret under. Det er dermed ikke mulig for andre enn forskerne i prosjektet å finne ut hvilke data som tilhører hvem.
- Kontaktopplysningene dine vil erstattes med en kode som lagres på en egen navneliste adskilt fra øvrige data. Datamaterialet vi bli lagret på en forskningsserver som er innelåst ved styrkelaben hos HVL Sogndal.

### **Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?**

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

### **Forsikring**

All deltaking er på eget ansvar.

### **Informasjon om utfall av studiet**

Alle deltagere i studiet har rett til innsyn i utfallet av studiet.

### **Hvor kan jeg finne ut mer?**

Vis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Høgskolen på Vestlandet avdeling Sogndal, prosjektansvarlig: Atle Hole Sæterbakken, telefon: 57 67 60 44. epost: [atle.saeterbakken@hvl.no](mailto:atle.saeterbakken@hvl.no). Masterstudent: Martin Baarholm, telefon: 97 70 33 38. epost: [m.baarholm@gmail.com](mailto:m.baarholm@gmail.com).
- Vårt personvernombud: Halfdan Mellbye. Epost: [personvernombud@hvl.no](mailto:personvernombud@hvl.no) telefon: 55 30 10 31

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17

Med Vennlig hilsen

Prosjektansvarlig

Masterstudent

(Forsker /veileder)

---

### **Samtykkeerklæring**

Jeg har mottatt og forstått informasjonen som prosjektet Effekter av hastighetsbasert styrketrening på atletisk prestasjoner, kraftutvikling, muskeladaptasjoner og spenst, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- Å delta i treningsintervensjonen
- Å delta i gjennomføring av studiens effektmål
- Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 01.05.2020

- 
- (signert av prosjektdeltager, dato)

## Vedlegg 2. NSD godkjenning

Det innsendte meldeskjemaet med referansekode 426586 er nå vurdert av NSD.

Følgende vurdering er gitt:

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet den 06.09.2019 med vedlegg, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

### **MELD VESENTLIGE ENDRINGER**

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde: [nsd.no/personvernombud/meld\\_prosjekt/meld\\_endringer.html](https://nsd.no/personvernombud/meld_prosjekt/meld_endringer.html)

Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres.

### **TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET**

Prosjektet vil behandle særlige kategorier av personopplysninger om helseforhold og alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 30.05.2020.

### **LOVLIG GRUNNLAG**

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 nr. 11 og art. 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse, som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake.

Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes uttrykkelige samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a, jf. art. 9 nr. 2 bokstav a, jf. personopplysningsloven § 10, jf. § 9 (2).



## **PERSONVERNPRINSIPPER**

NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke viderebehandles til nye uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

## **DE REGISTRERTES RETTIGHETER**

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

## **FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER**

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og eventuelt rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

## **OPPFØLGING AV PROSJEKTET**

NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Eva J B Payne

Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

## Vedlegg 3. Treningslogg

### X FORKORTELSER:

- **BEINPRESS**

- **CFS** =CM fra sentrum av fotplaten/beinpress
- **HPF**= Fottplassering i høyde på fotplaten
- **SPIKE** = slede plassering i beinpress

- **LEGGKSTENSJON**

- **SPIK** = svingarmplasing i leggekstensjon
- **SPIKEL** = sledeplassering i leggekstensjon
- **+ HAR MØTT TIL ØKTEN**
- **- HAR IKKE MØTT TIL ØKTEN**

### UKE1:

NAVN	STARTBEIN OG % BEINPRESS	STARTBEIN OG % LEGGEKSTENSJON	BEINPLASSERING	TRENINGSVOLUM	OPPMØTE
2019/2	1.) HT30=VENSTRE 80% = 58KG  2.) HT15= HØYRE 80% = 59KG	1.) HT30=VENSTRE 75% = 31KG  2.) HT15= HØYRE 75% = 31KG	BEINPRESS CFS=12cm HPF= 8-9 SPIKE=3  LEGGKSTENSJON SPIK= 1 SPIKEL=2 Vinkel = 2	Beinpress HT30= HT15=  Leggekstensjon HT30= HT15=	TIS-FRED 18:20-19:00
2019/10	1.) HT30=VENSTRE 80%=51KG 2.) HT15= HØYRE 80%=51KG	1.) HT30=VENSTRE 32=KG Økt = 26 kg  2.) HT15= HØYRE 75%=26KG Økt 2 =30kg	BEINPRESS CFS=13cm HPF= 8 SPIKE= 2  LEGGKSTENSJON SPIK= 3 SPIKEL=1 Vinkel = 2	Beinpress HT30= HT15=  Leggekstensjon HT30= HT15=	MAN-TORS KL 19:00-19:40
2019/11	1.) HT30=VENSTRE 80%=62KG	1.) HT30=VENSTRE 75%=30KG	BEINPRESS CFS=12cm HPF=7-8	Beinpress HT30= HT15=	TIRS-FRED KL17:40-18:20

	2.) HT15= HØYRE 80%=62KG	2.) HT15= HØYRE 26=KG	SPIKE=2  LEGGEKSTENSJON SPIK= 1 SPIKEL=2 Vinkel = 1	Leggekstensjon HT30= HT15=	
2019/14	1.) HT30= HØYRE 80%=50KG  2.) HT15=VENSTRE 80%=50KG	1.) HT30= HØYRE 75%=30KG  2.) HT15=VENSTRE 75%=30KG	BEINPRESS CFS= 11,5cm HPF=7-8 SPIKE= 2  LEGGEKSTENSJON SPIK= 1 SPIKEL=1 Vinkel = 2	Beinpress HT30= HT15=  Leggekstensjon HT30= HT15=	TIRS-FRED KL09:40-10:20
2019/21	1.) HT30=VENSTRE 80%=87kg  2.) HT15= HØYRE 80%=100kg	1.) HT30=VENSTRE 75%=31KG  2.) HT15= HØYRE 75%=25KG	BEINPRESS CFS=8-9 HPF=7-8 SPIKE= 3  LEGGEKSTENSJON SPIK= 1 SPIKEL=1 Vinkel = 2	Beinpress HT30= HT15=  Leggekstensjon HT30= HT15=	TIRS-FRED KL14:20-15:00
2019/23	1.) HT30= HØYRE 80%=64KG  2.) HT15=VENSTRE 80%=64KG	1.) HT30= HØYRE 75%=27KG  2.) HT15=VENSTRE 75%=30KG	BEINPRESS CFS= 12,5cm HPF=7-8 SPIKE= 2  LEGGEKSTENSJON SPIK= 1 SPIKEL=1 Vinkel =1	Beinpress HT30= HT15=  Leggekstensjon HT30= HT15=	MAN-TORS KL16:20-17:00
2019/25	1.) HT30=VENSTRE 80%=72KG  2.) HT15= HØYRE 80%= 72KG	1.) HT30=VENSTRE 75%=32KG  2.) HT15= HØYRE 75%= 36KG	BEINPRESS CFS=16cm HPF=7-8 SPIKE=2  LEGGEKSTENSJON SPIK= 2 SPIKEL=1 Vinkel = 1	Beinpress HT30= HT15=  Leggekstensjon HT30= HT15=	MAN-TORS KL15:00-15:40
2019/28	1.) HT30= HØYRE 80%=55KG	1.) HT30= HØYRE 75%=26KG	BEINPRESS CFS=10cm HPF=9	Beinpress HT30= HT15=	MAN-TORS KL09:00-09:40

	<p>2.) HT15=VENSTRE 80%=60KG</p>	<p>2.) HT15=VENSTRE 75%=30KG</p>	<p>SPIKE=2  LEGGEKSTENSJON SPIK= 3 SPIKEL=1 Vinkel = 1</p>	<p>Leggekstensjon HT30= HT15=</p>	
2019/29	<p>1.) HT30=VENSTRE 80%= 64KG</p> <p>2.) HT15= HØYRE 80%= 66KG</p>	<p>1.) HT30=VENSTRE 75%= 33Kg</p> <p>2.) HT15= HØYRE 75%= 33KG</p>	<p>BEINPRESS CFS= 12cm HPF= 8-9 SPIKE=3</p> <p>LEGGEKSTENSJON SPIK= 1 SPIKEL=2 VINKEL = 1</p>	<p>Beinpress HT30= HT15=</p> <p>Leggekstensjon HT30= HT15=</p>	<p>MAN-TORS KL18:20-19:00</p>
2019/30	<p>1.) HT30= HØYRE 80%= 96KG</p> <p>2.) HT15=VENSTRE 80%= 116KG</p>	<p>1.) HT30= HØYRE 75%= 55KG</p> <p>2.) HT15=VENSTRE 75%= 57KG</p>	<p>BEINPRESS CFS=3-4cm HPF=8-9 SPIKE=3</p> <p>LEGGEKSTENSJON SPIK= 3 SPIKEL=3 Vinkle = 5</p>	<p>Beinpress HT30= HT15=</p> <p>Leggekstensjon HT30= HT15=</p>	<p>TIRS-FRED KL15:40-16:20</p>