



Høgskulen  
på Vestlandet

# MASTEROPPGAVE

Effekten av individualiserte og optimaliserte styrketreningsprogram basert på kraft-hastighetsprofil til toppidrettselever i eksplosive idretter

Effectiveness of an individualized and optimized strength training program based on force-velocity profile for young elite students in sports that require high levels of explosive power

**Martin Tandberg Skagen**

Master i fysisk aktivitet og kosthald i eit skolemiljø, Fakultet for lærarutdanning, kultur og idrett, Institutt for idrett, kosthald og naturfag MFAKS514  
Veileder: Vegard Vereide Iversen og Arild Hafstad  
Innleveringsdato: 29. mai 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, § 12-1

## Forord

Arbeidet med dette forskningsprosjektet har vært en spennende, men også en utfordrende prosess fra start til slutt. Som utøver selv, finner jeg styrketrening, muskelfunksjon og spenst i de eksplosive idrettene utrolig interessant. Derfor er jeg veldig takknemlig for at dette prosjektet har gitt meg muligheten til å fordype meg i et tema jeg synes er veldig fascinerende. Jeg har fått benytte meg av HVL campus Bergen sine flotte fasiliteter på laboratorium og styrkerom.

Jeg vil først og fremst rette en stor takk til Vegard Vereide Iversen og Arild Hafstad som veiledere gjennom denne perioden. Videre vil jeg takke alle toppidrettselevne som frivillig valgte og delta på studiet. Uten dere ville studiet aldri kunne vært mulig å gjennomføre. Til slutt vil jeg takke Stine Myklemyr for korrekturlesing.

Vel lest!

Martin Tandberg Skagen

Høgskulen på Vestlandet, mai 2020.

## Sammendrag

**Hensikt:** Hensikten med oppgaven er å undersøke effekten av et individuelt tilpasset og optimalisert styrketreningsprogram, som baserer seg på kraft-hastighetsprofilen til toppidrettslever som driver med eksplosive idretter.

**Problemstilling:** Problemstillingen som er formulert til oppgaven er: *Hvilken effekt på hoppytelsen har et individuelt tilpasset og optimalisert styrketreningsprogram basert på kraft-hastighetsprofilen til toppidrettslever som driver med eksplosive idretter?*

**Materiale og metode:** Det var totalt tretten deltakere som signerte samtykke, hvor åtte fullførte intervensjonen på ni uker med fire tester. Deltakerne gjennomførte en rekke knebøyhopp for å få sin personlige kraft-hastighetsprofil. Egenskapene i denne kraft-hastighetsprofilen ble brukt til å dele deltakerne inn i grupper: høyt kraftunderskudd, lavt kraftunderskudd, balansert profil, lavt hastighetsunderskudd og høyt hastighetsunderskudd. Videre fikk hver deltaker et individuelt styrketreningsprogram ut fra hvilken gruppe de var i. Målet var og forflytte kraft-hastighetsprofilen til en mer optimal profil og dermed forbedre hopphøyden. Deltakerne hadde kontrolltester hver tredje uke underveis i intervensjonen. Viste deltakerne en endring i kraft-hastighetsprofilen endret deltakeren gruppe og fikk tildelt treningsprogrammet til denne gruppen.

**Resultater:** Det ble ikke funnet noen statistisk signifikant forbedring av kraft-hastighetsprofilen. Gruppen hadde en forbedring av kraft-hastighetsprofilen med 14.5%,  $p = 0.144$  og  $d = 0.57$ . Det ble heller ikke funnet noen statistisk signifikant økning av hopphøyde hos gruppen. Hopphøyde forbedret seg med 1.2 cm,  $p = 0.086$  og  $d = 0.21$ . Gruppen hadde en nedgang på maksimal effektproduksjon med -0.7,  $p = 0.604$  og  $d = 0.11$ .

**Konklusjon:** Resultatene viser at toppidrettsutøvere som driver med eksplosive idretter har en liten effekt, på hoppytelse, av å trene etter et individualisert tilpasset styrketreningsprogram, som baserer seg på kraft-hastighetsprofil. Gruppen viste en økning i teoretisk maksimal kraftproduksjon, og viste en nedgang i maksimal effektproduksjon. Dermed kan økningen i hopphøyde knyttes mot forbedringer i nervesystemet og teknisk utførelse av øvelsen. Resultatene viser at toppidrettslever som driver med eksplosive idretter, har en tendens til å ha en negativ kraft-hastighetsprofil.

## **Abstract**

**Aim:** The purpose of this study is to investigate the effectiveness of an individualized and optimized strength training program, based on force-velocity profile for young elite students in sports that require high levels of explosive power.

**Research question:** *What effect on jump performance does an individualized and optimized strength training program based on force-velocity profile to young elite students in sports that require high levels of explosive power have?*

**Methods:** A total of thirteen participants gave their written informed consent to participate in this study. Eight of the participants completed the nine weeks intervention with four tests. The participants completed a series of loaded vertical jumps to determine their force-velocity profile. The properties of their individual force-velocity profile were used to assign participants to one of the following groups: high force deficit, low force deficit, balanced profile, low velocity deficit and high velocity deficit. Participants were given an individualized training program based on what group they were assigned. The training programs aim was to decrease the participant's force-velocity imbalance, and therefore improve vertical jump performance. During the training intervention, participants measured the force-velocity profile every three weeks. If the force-velocity profile to a participant changed, they changed groups and followed the training content according to that group.

**Results:** The results of the study showed that there was no significant improvement in the force-velocity profile imbalance. The group improved their force-velocity profile by 14.5%,  $p = 0.144$  and  $d = 0.57$ . Also it was found no significant increase in jump performance within the group. Jump performance was increased by 1.2 cm,  $p = 0.086$  and  $d = 0.21$ . The group decreased in maximal power output by -0.7,  $p = 0.604$  and  $d = 0.11$ .

**Conclusion:** The results indicate that young elite students in sports that require high level of explosive power have little effect on jump performance, when training is based on force-velocity profile. The group increased their theoretical maximal force output and decreased maximal power output. Improvement in the neural adaptations and technique can be the reason for the increase in jump performance. Results indicate that young elite students in sports that require high level of explosive power, tend to show a force-velocity profile with a force deficit.

## Innhold

1.0	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn .....	1
1.2	Problemområde og forskningsspørsmål .....	2
2.0	Teori .....	3
2.1	Toppidrettsutøver .....	3
2.1.1	Morgendagens toppidrettsutøver.....	3
2.1.2	Toppidretts-/idrettslinjer.....	4
2.2	Styrketrening .....	5
2.3	Faktorer som påvirker muskelstyrke .....	8
2.3.1	Tverrsnittsarealet .....	9
2.3.2	Muskelarkitektur .....	10
2.3.3	Muskellengde .....	11
2.3.4	Muskelfibertype .....	12
2.3.5	Nevrale begrensninger.....	13
2.3.6	Motoriske enheter.....	14
2.3.7	Fyringsfrekvens .....	15
2.3.8	Samspeilet mellom ulike muskler .....	16
2.3.9	Hastighet på kraftutvikling.....	16
2.3.10	Treningsstatus.....	17
2.4	Treningsprinsipper .....	18
2.4.1	Treningsintensitet .....	18
2.4.2	Treningsmotstand .....	18
2.4.3	Treningsvolum .....	19
2.4.4	Treningsfrekvens .....	19
2.5	Personlig kraft-hastighetsprofil .....	19
3.0	Metode.....	22
3.1	Forskningsdesign.....	22
3.2	Utvalg .....	22
3.3	Testprotokoll .....	23
3.3.1	Høyde og vekt .....	23
3.3.2	Oppvarming.....	24
3.3.3	Startposisjon .....	24
3.3.4	Kraft-hastighetsprofil .....	24

3.3.5 Treningsintervensjon .....	25
3.4 Statistisk analyse .....	26
3.5 Etske overveielser .....	27
4.0 Resultat .....	28
5.0 Diskusjon .....	30
5.1 Diskusjon av metode .....	30
5.1.1 Gjennomføring av testene .....	30
5.1.1.1 Testprotokoll .....	30
5.1.1.2 Læringseffekt .....	31
5.1.2 Gjennomføring av treningsintervensjonen .....	32
5.1.3 Utvalg .....	32
5.2 Diskusjon av resultater .....	34
5.2.1 Kraft-hastighetsprofil .....	34
5.2.2 Hoppøyde .....	35
6.0 Konklusjon .....	37
7.0 Videre forskning .....	37
Referanser .....	
Tabell I .....	
Tabell II .....	
Figur 1 .....	
Figur 2 .....	
Figur 3 .....	
Figur 4 .....	
Figur 5 .....	
Figur 6 .....	
Vedlegg 1 .....	
Vedlegg 2 .....	

# 1.0 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Tidligere har styrketreningsprogram som er rettet mot å treffe alle blitt benyttet for å utvikle spesifikke styrketreningsprogram. Ulike studier har funnet positive effekter på hoppytelse ved bruk av forskjellige treningsmetoder som: tung maksimal styrketrening (Rønnestad, Hansen, & Nygaard, 2016), eksplosiv styrketrening (Mcbride, Triplett-Mcbride, Davie, & Newton, 2002), og kombinert maksimal og eksplosiv styrketrening (de Villarreal, Izquierdo, & Gonzalez-Badillo, 2011). Likevel tar ikke disse treningsprogrammene for seg deltakernes forutsetninger og behov med hensyn til deres fysiske kapasiteter, eller hvordan deltakerne responderer på treningen de blir utsatt for underveis i programmet. Raastad, Paulsen, Refsen Rønnestad & Wisnes (2010) hevder at alle idrettsutøvere burde få et individuelt tilpasset treningsprogram, som er tilpasset deres nivå og målsetning. Innenfor lagidretter forekommer det ofte at spillerne får det samme treningsprogrammet. Selv om alle som trener og har som mål å øke prestasjonen ønsker å benytte seg av de beste treningsprogrammene, er ikke dette nødvendigvis optimalt for hver enkelt. Hver enkelt spiller presterer ulikt på forskjellige egenskaper. Derfor bør man individualisere treningen og fokusere på de ulike egenskapene enkeltspillerne trenger, og dermed bedre prestasjonen til laget som helhet (Raastad et al., 2010).

Skjelettmusklene er det som gir mennesket muligheten til fysisk utfoldelse. Å forstå musklens egenskaper, er dermed nødvendig for å utvikle vår kunnskap om muskelfunksjon. Ved å se på hvordan musklens egenskaper påvirkes gjennom styrketrening, vil man kunne undersøke hvilke treningsmetoder som er optimale med tanke på å øke den fysiske prestasjonen. For en rekke idretter er evnen musklene har til å produsere kraft helt sentral for å kunne prestere godt. I idretter som volleyball og basketball er det en stor fordel å være både rask og å ha god vertikal spenst. Disse egenskapene er begge sterkt påvirket av evnen til å produsere høy effekt (kraft\*hastighet) (Riviere, Rossi, Jiménez-Reyes, Morin, & Samozino, 2017). Ulike studier viser at det er en sterk sammenheng mellom muskelstyrke og høy effekt med god prestasjon i idrettene (Schaun, Ribeiro, Vaz, & Del Vecchio, 2013; Gonzalez-Rave, et al., 2014). Et verktøy for å undersøke forholdet mellom kraft og hastighet er en kraft-hastighetsprofil (Giroux, Rabita, Chollet, & Guilhem, 2016). En slik profil kan hjelpe utøvere

med å tilpasse treningen ved å optimalisere forholdet mellom kraft og hastighet og dermed kunne prestere best mulig (Giroux et al., 2016). Studier viser at det kan være et optimalt forhold mellom kraft og hastighet uavhengig av maksimal effektproduksjon. Dette vil være med på å bestemme hvordan treningen burde tilrettelegges for best mulig forbedring av prestasjonen i idretten (Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli, & Morin, 2012).

Første del av oppgaven vil ta for seg det å være toppidrettsutøver og toppidrettslinjer. Deretter vil de ulike fysiologiske faktorene som ligger til grunn for kraftutvikling, bli lagt frem. Studiet til Jean-Benoît Morin og Pierre Samozino om kraft-hastighetsprofil, vil så bli presentert. Så vil jeg beskrive studiets metode, etterfulgt av resultater, drøfting av disse og konklusjon.

## 1.2 Problemområde og forskningsspørsmål

Med bakgrunn i Raastad et al. (2010) sin påstand om at alle idrettsutøvere burde få tilpasset sitt eget individuelle treningsprogram, er formålet med denne masteroppgaven å undersøke hvilken effekt hoppytelsen til toppidrettselever som driver med eksplosive idretter har av et styrketreningsprogram som er individuelt tilpasset og optimalisert ut ifra kraft-hastighetsprofilen deres. Med utgangspunkt i dette, formulerte jeg forskningsspørsmålet:

**Hvilken effekt på hoppytelsen har et individuelt tilpasset og optimalisert styrketreningsprogram basert på kraft- hastighetsprofilen til toppidrettselever som driver med eksplosive idretter?**

Hypotese: Forbedringer i hoppytelse vil komme fra en mer optimal kraft-hastighetsprofil og/eller forbedring i maksimal effektproduksjon.



## 2.0 Teori

### 2.1 Toppidrettsutøver

Som referanse for begrepet toppidrettsutøver, benytter Olympiatoppen seg av de definisjonene som er bestemt av idretten selv (Olympiatoppen, 2019). Toppidrett defineres som *«trenings- og forberedelsesarbeid på linje med de beste i verden, avhengig av den enkelte idretts egenart og utbredelse. Arbeidet fører til jevnlig prestasjoner på internasjonalt toppnivå. Idretten er for disse utøverne en hovedbeskjeftigelse»* (Olympiatoppen, 2019, s. 1). Utøvere som tilhører denne definisjonen kan også kalles for dagens toppidrettsutøvere (Olympiatoppen, 2019).

#### 2.1.1 Morgendagens toppidrettsutøver

Det er et fåtall utøvere som havner innenfor definisjonen som dagens toppidrettsutøvere. Olympiatoppen legger derfor forholdene til rette for en større gruppe utøvere som kalles for morgendagens toppidrettsutøvere. Morgendagens toppidrettsutøvere defineres som *«De som på varierende alders- og prestasjonsnivåer driver omfattende kvalitetsutvikling gjennom en langsiktig progresjonsplan som normalt vil føre fram til internasjonalt toppidrettsnivå»* (Olympiatoppen, 2019, s. 1)

Blant hovedforskjellene mellom å være i gruppen dagens toppidrettsutøver og morgendagens toppidrettsutøver er tiden man har til rådighet til å være toppidrettsutøver (Byrne, Davenport, & Mazanov, 2007). En voksen utøver innenfor gruppen dagens toppidrettsutøver, som har idretten som sin hovedbeskjeftigelse, har ofte bedre forutsetninger for blant annet restitusjon, treningsmengde og muskelfunksjon. En utøver innenfor gruppen morgendagens toppidrettsutøver i videregående skole, har utdanningen å ta hensyn til, men også andre sosiale aspekter ved det å være ung i dag (Hurley, 1995; Byrne et al., 2007). Muskelstyrke er noe som tar flere år å utvikle. En voksen utøver vil dermed ha store fordeler, da denne utøveren har hatt lengre tid til å bygge muskelstyrke, sammenlignet med en yngre utøver. Hurley (1995) og Mital & Kumar (1998) hevder at utviklingen av muskelstyrke er optimal i 20- og 30 årene. Dette indikerer at det vil kunne være problematisk for en ung utøver på 16-18 år å prestere like bra som voksen utøver med forutsetningene på sin side (Hurley, 1995;

Mital & Kumar, 1998; Gjerset et al., 2015). Et utvalg videregående skoler i Norge, har et toppidrettslinjetilbud. Intensjonen med disse toppidrettslinjene er å gi elevene bedre forutsetninger for å kunne bli en fremtidig toppidrettsutøver. Toppidrettslinjene tilbyr egnede treningsmetoder i skoletiden, og skolehverdagen tilrettelegges og tilpasses for trening og konkurranser for utøverne.

### 2.1.2 Toppidretts-/idrettslinjer

I NOU 2019:23 presenterer Kunnskapsdepartementet utdanningsprogrammene og tilbudene elever ved videregående skoler har fått fastsatt. Disse utdanningsprogrammene skal gi elevene generell studiekompetanse som videre kan kvalifisere til høyere utdanning (NOU 2019:23, s. 97). Idrettsfag er et av fem studieforbereidende utdanningsprogram. Toppidrett er et valgfritt programfag innenfor idrettsfag (Vilbli, 2020).

Videregående skoler med idrettsfag tilbyr fag som aktivitetslære, treningslære, idrett og samfunn, lederutvikling, friluftsliv, treningsledelse og topp-/breddeidrett (Vilbli, 2020). I Norge er det 108 skoler som tilbyr treåring utdanningsløp med utdanningsprogrammet idrettsfag (Utdanning.no, 2020). Toppidrett er et gjennomgående valgfag for idrettsfag Vg1, Vg2 og Vg3. Læreplanen for toppidrett sier at opplæringen i programfaget skal kunne gi idrettsutøvere som vil satse mer spesifikt innenfor sin idrett, både regionalt, nasjonalt og internasjonalt, muligheten til dette. Dette programfaget skal kunne kombinere idrett på høyt prestasjonsnivå med generell studiekompetanse (Utdanningsdirektoratet, 2006).

I likhet med alle fag i skolen har toppidrett en egen læreplan. Læreplanen formulerer ulike krav til kompetanse som elever skal tilegne seg i faget. Denne kompetansen blir framstilt i form av kompetansemål. Kompetansemålene uttrykker hva elevene skal kunne etter endt opplæring (Utdanningsdirektoratet, 2016). Etter programfaget toppidrett 3 skal eleven kunne:

- Vise og utvikle ferdigheter som kan forbedre prestasjonen i konkurransesituasjoner
- Dokumentere, analysere og reflektere over gjennomført trening i lys av egne mål og resultater

- Utarbeide planer og gjennomføre langsiktig, systematisk og målrettet trening i idretten med utgangspunkt i idrettens krav og egen kapasitet
- (...)
- Utforske og reflektere over hvordan aktiviteter, øvelser, trening og konkurranse påvirker motivasjon og ferdighetsutvikling (Utdanningsdirektoratet, 2019).

## 2.2 Styrketrening

Musklenes evne til å utvikle kraft, enten så mye som mulig, så lenge som mulig, eller så raskt som mulig, er ofte viktig for prestasjonen til en toppidrettsutøver (Lee et al., 2017). I mange idrettsgrener er det en nødvendig faktor å være sterk og ha god spenst for å kunne prestere på et høyt nivå (Gjerset et al., 2015). Noen av idrettene som stiller store fysiske krav til disse egenskapene hos utøverne, er volleyball og basketball. I Broussal-Derval, Delacourt, Samozino & Morin (2016) kan man lese at: «Jump performance is the most important physical determinant of volleyball (VB) performance, at all levels of play» (Ziv & Lidor, 2010). Om basketball hevder Gledson et al. (2018) at underveis i spillet, vil spillerne flere ganger måtte gjennomføre hopp (Gledson, et al., 2018), for å utføre ulike handlinger som skudd, blokk og returer (Erčulj, Blas, & Bračić, 2010). Dermed karakteriseres vertikale hopp som en essensiell egenskap for å kunne prestere på et høyt nivå i basketball (Rodriguez-Rosell, Mora-Custodio, Franco-márquez, Yañez-García, & González-badillo, 2017). Utøvernes evne til å kunne utvikle stor kraft når musklene forkortes med stor hastighet (eksplosiv styrke) er dermed en naturlig forutsetning for volleyball- og basketballspillere. Vår maksimale styrke i forhold til egen kroppsvekt (relativ styrke) er også en viktig faktor for å kunne skape stor akselerasjon av egen kroppsvekt. Relativ styrke i strekkapparatet i beina er derfor en bestemmende faktor for spensten (Raastad et al., 2010).

I litteraturen blir styrketrening definert som «all trening som er ment for å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft (eller dreiemoment) ved spesifikk eller forutbestemt hastighet» (Raastad et al., 2010, s. 13). Styrkebegrepet handler om den maksimale kraften en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en gitt hastighet (Raastad et al., 2010). Vanligvis blir styrketrening knyttet til trening som har som formål å øke den maksimale vekten en muskel eller muskelgruppe kan løfte en gang (1RM). Siden musklene trekker seg sammen med ulike forkortningshastigheter er bare maksimal styrke en noe snever

kategori. Muskelstyrke blir derfor delt inn i hovedkategoriene maksimal styrke og eksplosiv styrke. Forkortningshastigheten vil gi en indikasjon på hva målet med en spesifikk styrketreningsmetode er.

«Maksimal styrke er den største kraften vi klarer å utvikle ved eksentrisk, konsentrisk eller isometriske aksjoner» (Gjerset et al., 2015, s. 370). Maksimal styrketrening er all trening som gjennomføres med den hensikt å øke evnen til maksimal kraftutvikling. Dette omhandler både langsomme bevegelser og rene maksimale isometriske muskelaksjoner. Dette er vanligvis trening med så stor motstand at man bare klarer 1-12 repetisjoner i en serie før utmattelse (Gjerset et al., 2015). Ofte er den faktiske bevegelseshastigheten lav ved tung styrketrening, likevel ser det ut som om dette kan være med på å øke bevegelseshastigheten og effekten (W) i øvelser uten ytre motstand. Forutsetning for at dette er at den konsentriske delen av bevegelsen blir gjennomført så raskt som mulig. Dermed er maksimal muskelstyrke en viktig faktor for spenst og hurtighet. Utvikling av muskelstyrken i strekkapparatet i beina vil også ha god effekt på spenst og hurtighet (Raastad et al., 2010).

«Eksplosiv styrke er evnen til å utvikle kraft hurtig. (..) I en bevegelse kan dette uttrykkes som den største hastigheten du kan oppnå med en relativt lett motstand» (Gjerset et al., 2015, s. 370). Hurtighet og spenst er begge begreper som går inn under eksplosiv styrke. Disse egenskapene handler om hvor stor kraft vi kan utvikle hurtig, eller den største kraften vi kan utvikle ved store forkortningshastigheter (Gjerset et al., 2015). Eksplosiv styrketrening er all trening som gjennomføres med maksimal mobilisering i hver repetisjon uansett treningsmotstand. Intensjonen er å akselerere bevegelsen maksimalt og på den måten skape størst mulig hastighet i bevegelsen eller hurtigst mulig komme opp i stor kraft (Gjerset et al., 2015).

Spenst blir definert på ulike måter i litteraturen. Styrketrening – i teori og praksis, teoriboken for Høgskolen på Vestlandet, definerer spenst som: «evnen til å akselerere kroppsvekt, vanligvis for å hoppe høyt eller langt» (Raastad et al., 2010, s. 225). Eystein Enoksen i Idrettens treningslære definerer spenst på en lignende måte: «Evnen til å hoppe langt eller høyt, m.a.o. evnen til å utvikle stor kraft per tidsenhet med en god teknikk i en satsbevegelse. Egenskapen forbinder vi med eksplosive bevegelser der det utvikles kraft i strekkmuskulaturen i beina» (Enoksen, 2015, s. 424). Pierre Samozino forsker ved Université Savoie-Mont-Blanc definerer spenst på en måte som er noe mer omfattende: «Ballistic performances, notably jumping, can be defined as the ability to accelerate body mass, both as

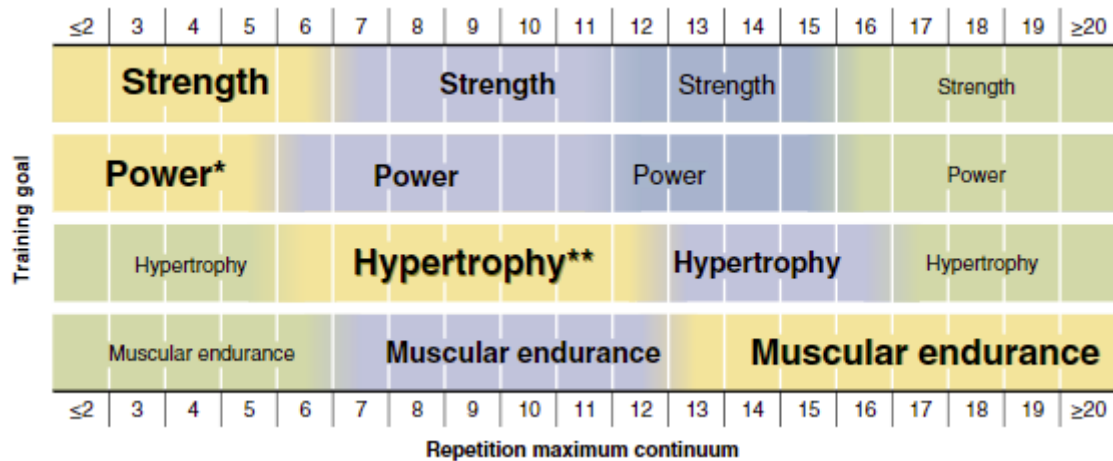
much as possible and within the shortest time possible» (Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli, & Morin, 2012).

Styrketrening vil dermed ha som formål å kunne skape maksimal styrke, eksplosiv styrke og å utvikle stor effekt i en gitt bevegelsesbane (Raastad et al., 2010). Hvordan styrketreningen gjennomføres, vil være med på å avgjøre hvilke funksjonelle endringer som skjer. Ulike faktorer som videre avgjør disse endringene er treningsmotstand, treningsintensitet, treningsvolum, treningsfrekvens og treningsbelastning (Raastad et al., 2010). De vanligste kategoriene å dele styrketrening inn i er, hypertrofi, maksimal styrke, eksplosiv styrke og utholdende styrke. Trening innenfor de ulike kategoriene vil kunne føre til forskjellige fysiologiske forandringer. Felles for alle kategoriene er at de bestemmes av motstand, antallet repetisjoner, antall sett, serier per øvelser, pause mellom sett, øvelse per muskelgruppe og treningsfrekvens (Raastad et al., 2010).

**Tabell I** viser typiske trekk ved ulike styrketreningsformer og muskulær utholdenhetstrening (Raastad et al., 2010).

Type trening	Nivå	Motstand (% 1RM)	Reps	Pause (min)	Serier per øvelse	Øvelser per muskelgruppe	Frekvens per uke
Hypertrofi	Trent	70-85	6-12	2-3 (1-2)	2-4	2-5	1-3
	Utrent	60-80	6-15	2-3 (1-2)	1-3	1-2	
Maksimal styrke	Trent	>80	1-5	>3	4-8	1-4	2-3
	Utrent	70-85	4-8	>3	1-3	1-2	
Eksplosiv styrke	Trent	0-50 (30-50)	1-5	>3	4-8	1-3	2-4
	Utrent	0-50	1-5	>3	2-4	1-2	
Muskulær utholdenhet	Trent	20-60	>15	0-2	2-4	2-4	1-3
	Utrent	20-60	>15	0-2	1-3	1-2	

Tabell I presenterer de mest karakteristiske trekkene ved de vanligste styrketreningsmetodene. Ut ifra figuren kan treningen modifieres avhengig av erfaringsnivå, treningsstatus og mål med treningen. Videre finnes det flere prinsipper innenfor hver enkelt metode som kan benyttes for å oppnå ulike fysiologiske forandringer.



**Figur 1** viser hvordan de ulike styrketreningsmetodene, hypertrofi, maksimal styrke, eksplosiv styrke og utholdende styrke blir påvirket av antall repetisjoner. Hvor mye en metode blir påvirket av antallet repetisjoner, jo mer fremtredende kommer den frem i tabellen. Hentet fra «Program Design for Resistance Training» av J. M. Sheppard & N. T. Triplett, 2016, i «Essentials of Strength Training and Conditioning» av G. G. Haff & N. T. Triplett (Red), 2016, s. 457).

## 2.3 Faktorer som påvirker muskelstyrke

Med god forståelse for de ulike faktorene som bestemmer muskelstyrke, er også forutsetningene gode til å kunne forstå hva som bør bli lagt vekt på i treningsopplegget. Dette skaper et godt grunnlag for å danne gode og målrettede treningsopplegg (Gjerset et al., 2015). Muskelstyrke påvirkes av flere ulike fysiologiske faktorer, hvor noen av disse også er biomekaniske (Mcbride, 2016)

Akselerasjon og spenst er to sider av samme sak. Akselerasjon er definert som: «hastighetsforandring per tidsenhet og angir hvor raskt økningen av hastigheten skjer» (Raastad et al, 2010, s. 225). Muskelstyrken og evnen til å utvikle stor effekt er avgjørende

faktorer for å ha god spenst. Raastad et al. (2010, s. 14) definerer effekt som arbeid per tidsenhet:

$$\text{Effekt (W)} = \frac{\text{Kraft} \times \text{vei}}{\text{tid}} \text{ eller Kraft} \times \text{hastighet}$$

Evnen til stor effektutvikling avhenger dermed av «arbeidet» som er øverste leddet av brøken, delt på tiden vi bruker på arbeidet. Ulike fysiologiske faktorer som ligger til grunn for stor akselerasjon er:

- Evnen til å skape maksimal kraft
- Fibertypesammensetning
- Evnen til å utvikle kraft raskt
- Nervesystemets styring av muskelkraft
- Lengden på sarkomerene
- Muskelarkitektur

Siden effekt (W) er bestemt av kraften vi kan generere ved en gitt hastighet, vil maksimal effekt (W) ved langsomme bevegelser i første rekke være bestemt av vår maksimale styrke. Maksimal effekt (W) ved hurtige bevegelser vil være bestemt av vår eksplosive styrke (Raastad et al., 2010).

### 2.3.1 Tverrsnittsarealet

Muskelgruppens tverrsnittsarealet er den absolutt viktigste faktoren for å kunne utvikle stor kraft ved langsomme forkortningshastigheter (McArdle, Katch, & Katch, 2015). Det største tverrsnittsarealet til en muskelgruppe gir oss en indikasjon på muskelbukens styrke ved maksimal aktivering. I en studie gjort av Rønnestad, Hansen og Raastad (2010) ble det funnet en signifikant sammenheng mellom økning i muskeltverrsnitt i lårmuskulaturen og kraftutvikling hos veltrente syklister. Raastad et al. (2010) understreker at siden tverrsnittet kan variere i størrelse fra utspring til feste, er det derfor viktig at målinger av tverrsnittet blir foretatt ved muskelens største tverrsnittsareal. Muskeltverrsnitt og muskelvolum er ikke nøyaktig det samme. Et økt muskelvolum tilsvarer ikke en lik økning i styrke som et økt muskeltverrsnitt (McBride, 2016). En muskel som er maksimalt aktivert og i sin optimale lengde, kan normalt skape et drag i en sene som tilsvarer 20-30N per cm<sup>2</sup>. Musculus quadriceps, med et tverrsnittareal på ca. 100 cm<sup>2</sup> kan, når den er i sin optimale lengde og er

maksimalt aktivert, skape et drag på ca. 3000N i patellarsenen (Gjerset et al., 2015). Det er størrelsen på alle muskelfibrene som bestemmer muskelens tverrsnittsareal (Dahl & Rinvik, 2010). Størrelsen blir blant annet påvirket av antallet sarkomerer som ligger parallelt med hverandre (Dahl & Rinvik, 2010). Dermed vil større tverrsnittsareal på muskelbuen føre til at muskelen kan produsere mer kraft både i eksentrisk, isometrisk og konsentrisk fase (Gjerset et al., 2015). Forkortningshastigheten blir ikke påvirket av muskeltverrsnittet. For at forkortningshastigheten skal økes, er det antallet sarkomerer i serie som må økes (Dahl & Rinvik, 2010). I praksis vil dette bety at muskelen blir lengre, og ikke tykkere.

Utøvere som primært trener for å bedre sin eksplosive styrke, må også trene mye maksimal styrke for å få optimal utvikling av sin eksplosive styrke. Årsaken til dette er at tverrsnittsarealet av muskelgrupper, som også er en viktig faktor for eksplosiv styrke, i liten grad påvirkes ved eksplosiv styrketrening med lav treningsmotstand. Tverrsnittsarealet til muskulaturen i strekkapparatet i beina er derfor viktig for blant annet kraftutvikling i et hopp (Raastad et al., 2010). Di Naso et al. (2012) gjennomførte en studie, som undersøkte forskjellene mellom olympiske vektløftere, styrkeløftere og kroppsbyggere rundt faktorer som tverrsnittsareal i lår og styrke i øvelsen knebøy. Det viste seg at muskeltverrsnittet spilte en særdeles liten rolle for styrken i knebøy mellom de tre gruppene. Den maksimale styrken i knebøy var større hos de olympiske vektløfterne og styrkeløfterne enn hos kroppsbyggerne. Videre ble det ikke funnet noen signifikant forskjell mellom tverrsnittsarealet mellom gruppene. Dermed er ikke muskeltverrsnittet årsaken til at de olympiske vektløfterne og styrkeløfterne hadde vesentlig større styrke enn kroppsbyggerne (Di Naso, et al., 2012). Øvelsen knebøy er karakterisert av raske muskelbevegelser, dette er noe kroppsbyggere ofte ikke trener til vanlig. Dette styrker slutningen til Raastad et al. (2010) om at det er ved langsomme forkortningshastigheter at muskeltverrsnittet er viktigst, ikke ved hurtige. Nervesystemet og dets tilpasninger har større betydning ved hurtige forkortningshastigheter (Di Naso et al., 2012).

### 2.3.2 Muskelarkitektur

Muskulaturen i menneskekroppen har stor variasjon i hvor stor maksimal kraft de klarer å utvikle. I tillegg til muskeltverrsnittet er muskelens arkitektur en viktig faktor for hvor stor kraft en muskel har mulighet til å produsere. Denne er desto mer avgjørende når



bevegelseshastigheten blir større (Blazevich, 2006). Muskelarkitektur handler om hvordan fibre er ordnet ut ifra muskelens lengderetning (Gjerset et al., 2015). Fasikkellengde er en av to faktorer som ligger under begrepet muskelarkitektur. Dette er definert som avstanden mellom innfestningen til fasikkelen i den dype aponeurosen til innfestningen av den samme fasikkelen på den superfisielle aponeurosen. Ved at man får en økning i fasikkellengde, vil man få flere kontraktile elementer i serie. Dette vil videre føre til at evnen til å produsere kraft under hurtige bevegelser vil bli forbedret (Blazevich, 2006). En studie gjort av Abe, Kumagai & Brechue (2000), påpeker at fasikkellengden er lengre hos sprintere enn langdistanseløpere og utrente. Studiet konkluderer ikke med at forskjellen i fasikkellengde er et resultat av treningsadapsjon eller genetikk, men det viser hvor avgjørende sarkomerer i serie er i forhold til hurtig kraftutvikling. Den andre faktoren for muskelarkitektur er vinkelen til muskelfibre og muskelens lengderetning. Med en større vinkel mellom muskelfibre og muskelens lengderetning, som i de skråstilte fjærformet muskulatur, vil man ha flere sarkomerer i parallell (McBride, 2016). Dette medfører at evnen til å utvikle kraft ved lav forkortningshastighet er svært god (Gjerset et al., 2015). I motsetning om målet er å skape rask, maksimal hastighet, er det en fordel å ha mindre vinkel mellom muskelfibre. De spoleformede musklene har flere sarkomerer i serie (McBride, 2016), og kan dermed skape større vinkelhastighet i leddet (Gjerset et al., 2015).

### 2.3.3 Muskellengde

Muskelenes evne til å utvikle kraft avhenger i stor grad av sarkomerens lengde (Raastad et al., 2010; McBride, 2016). Sarkomerene er bygd opp av aktin og myosinfilamenter (Dahl & Rinvin, 2010). Ved en optimal overlapping av aktin og myosinfilamenter, har man flest mulig aktive tverrborer. Antallet tverrborer som er i inngrep, avgjør kontraksjonskraften i en sarkomer. I motsetning om en sarkomer er strukket så langt at aktin- og myosinfilamentene ikke overlapper hverandre, vil det heller ikke være noen tverrbroer som er i inngrep. Dette fører til at man ikke vil kunne utvikle noe kraft. Siden muskelene er festet på knoklene, vil dette ikke være mulig, da det alltid vil være noen tverrbroer i inngrep (Raastad et al., 2010). Sarkomeren har maksimal evne til kraftutvikling, når aktinfilamentene har nådd frem til rundt midt på myosinfilamentet. Denne optimale sonen for kraftutvikling er bare konstant et lite stykke (Raastad et al., 2010). Er sarkomerlengden kort vil aktinfilamentene bevege seg inn i motsatt sarkomerhalvdel. Her virker kryssbroene i motsatt retning, noe som vil føre til at

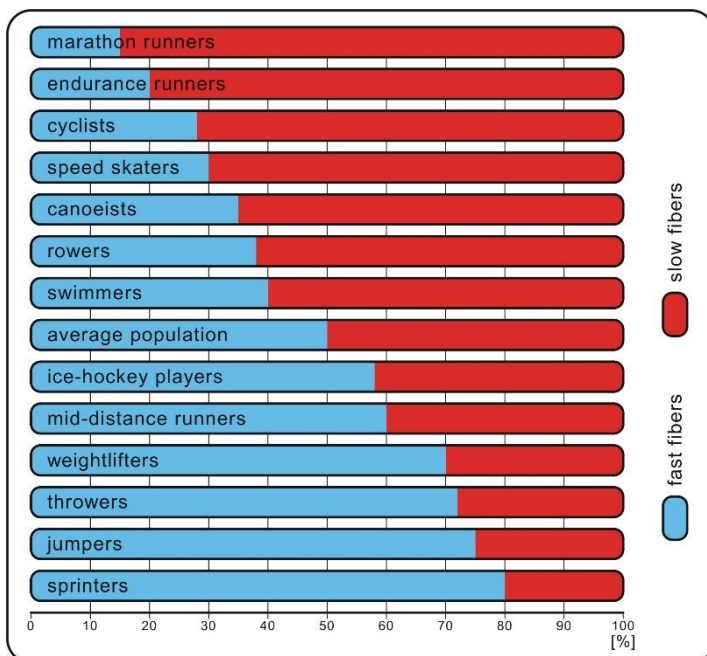
aktinfilamentene vil bli skjøvet i gal retning. Ved enda kortere sarkomerlengde vil myosinfilamentene også treffe i mot Z-skiven til nabosarkomeren. Som følge av dette vil evnen til å utvikle kraft falle raskt (Raastad et al., 2010).

#### 2.3.4 Muskelfibertype

Musklene består i grove trekk av tre typer muskelfibre: type 1, type 11A og type 11X. Inndelingen av disse blir gjort på bakgrunn av at myosin heavy chains (MHC) har tre ulike isoformer i skjelettmusklene hos mennesker (Gjerset et al., 2015). Den vanligste måten er og dele de inn etter forkortningshastighet. De langsomme, utholdende muskelfibrene blir kalt for type 1. De hurtige muskelfibrene blir delt inn i type 11A og 11X (Mcbride, 2016). Uavhengig av forkortningshastigheten til muskelfibertypene, har de, hos normalt aktive personer, i utgangspunktet tilnærmet like stor evne til å utvikle kraft ved samme tverrsnittsareal når muskelen ikke forkortes. Tendenser fra forskning på trekkfugler viser at type 11-fibrene kan være noe sterkere enn type 1-fibrene. Den største forskjellen på muskelfibertypene ser man på utviklingen av kraft når musklene forkortes. Ved høye forkortningshastigheter påvirker fibertypesammensetningen i en muskelgruppe kraftutvikling betydelig. Om man sammenligner de ulike muskelfibertypene under normale forhold, er type 11A-fibrene dobbelt så raske som type 1-fibrene, og type 11X er 3-4 ganger så raske. Som nevnt i kapittel 2.3, er effekten ( $W$ ) i et muskelarbeid kraft  $\times$  hastighet. Dermed vil en muskel med samme tverrsnittsareal og samme maksimale styrke, men som har en stor andel av raske fibre, kunne utvikle høyere effekt i motsetning til en muskel med stor andel av langsomme fibre (Gjerset et al., 2015). En muskel med det samme tverrsnittsarealet, har evnen til å produsere fem ganger høyere effekt i type 11A-fibre enn i type 1-fibre, og rundt ti ganger større i type 11X-fibre enn i type 1-fibre (Gjerset et al., 2015).

Som følge av styrketrening vil det skje en endring i fibertypesammensetningen i musklene. Det er hos utrente personer at man finner den største andelen av muskelfibertype 11X. Forskning viser at denne store andelen av type 11X-fibre forsvinner når man starter med styrketrening (Campos, et al., 2002). Raastad et al. (2010) i Gjerset et al. (2015), hevder derfor at: «11X er den formen av myosin en muskelfiber vil produsere hvis den ikke aktiveres jevnlig. Ved tung styrketrening aktiveres disse fibrene, og det ser ut til at de relativt raskt begynner å produsere MHC 11A i stedet for MHC 11X, som de i utgangspunktet produserte»

(Gjerset et al., 2015, s. 397). Det er flere studier som viser at type 11X-fibre gjennom styrketrening raskt vil gå over til type 11A-fibre. En videre overgang fra type 11A-fibre til type 1-fibre, eller omvendt, er det lite bevis på. Det er noe forskning som hevder dette. Jansson et al. (1990) observerte i sine forskningsprosjekt at det fant sted en endring fra type 1-fibre til type 11A-fibre. De gjennomførte to studier med kombinasjon av maksimal- og eksplosiv styrketrening (Jansson, Esbjörnsson, Holm, & Jacobs, 1990). Resultatet fra studiet viste at andelen type 1-fibre ble redusert og type 11A-fibre økte. Som i annen forskning så man også her en overgang fra type 11X- til type 11A-fibre. I ulike idretter er det store variasjoner på hvilke muskelfibertype utøverne har. Dette er med på å støtte resultatene Jansson har funnet i sine studier. I drettene der kravet til å produsere høy effekt er stor, er det en større andel av hurtige muskelfibere (Bernaciková, 2012).



**Figur 3** viser hvordan sammensetningen av type 1 og type 11 muskelfibre er i forskjellige idretter (Bernaciková, 2012).

### 2.3.5 Nevrale begrensninger

McBride (2016) forteller at muskelstyrken også påvirkes av noen biomekaniske faktorer. Nervesystemet er den første biomekaniske faktoren som nevnes (McBride, 2016). Det er summen av motoriske enheter som blir rekruttert, og hvor stor kraft som blir utviklet i de aktive enhetene, som i stor grad bestemmer den maksimale styrken som en muskel kan utøve

(Gjerset et al., 2015). Det er nervesystemet som styrer muskelaktiviteten og graden av aktivering av de motoriske enhetene i en muskel. Fyringsfrekvensen, er en sentral faktor for hvor stor kraft en muskel kan produsere, bestemmes også av nervesystemet (Gjerset et al., 2015).

Den totale kraften i hver enkelt motorisk enhet, styres av frekvensen på aksjonspotensialene som når de tilhørende muskelfibrene (Gjerset et al., 2015). Det er summen av kreftene som skapes av de muskelgruppene som samarbeider om en endring i muskelvinkel (agonistene), minus summen av kreftene som skapes i en muskelgruppe på motsatt side av leddet (antagonistene), som utgjør omdreiningsmomentet over et ledd. Gjerset et al. (2015) forteller at når det er flere ledd involvert i å skape kraft mot en underlag, ved for eksempel i en sats eller mot et objekt, starter reguleringen av kraft i ulike muskelgrupper å bli komplisert. Videre er det mange forhold som utgjør kraftutviklingen i muskelgruppene (Gjerset et al., 2015).

I et studie av Vecchio et al. (2019) ble det funnet ut at ved gjennomføring av fire uker styrketrening økte fyringsfrekvensen, og den nødvendige kraften for å rekruttere motoriske enheter ble redusert. Med andre ord fyrer de motoriske enhetene raskere og aktiveres tidligere i en kontraksjon. Ofte er disse forbedringene i sentralnervesystemet, en av årsakene til at nybegynnere oppnår raske økninger i muskelstyrke tidlig (Staron et al., 1994; Raastad et al., 2010; McBride, 2016).

### 2.3.6 Motoriske enheter

Det rekrutteres ulike motoriske enheter i et hierarkisk system, ut i fra hvor stor kraft som må produseres i en muskelaksjon. Er det liten kraft som må utvikles i en muskelaksjon, blir bare de minste enhetene rekruttert. Videre, om det skal utvikles større kraft, blir det rekruttert stadig flere og større enheter. De minste enhetene som nevnt blir rekruttert først, blir kategorisert som type 1-enheter. De enhetene som blir rekruttert ved behov for å utvikle stor kraft, blir kategorisert som type 11-enheter (Gjerset et al., 2015). Ifølge Gjerset et al. (2015, s. 392) «vil i hovedsak de store musklene kun oppnå 80% kraft ved å benytte seg av antall rekrutterte motoriske enheter». For å oppnå maksimal kraft er det nødvendig å øke fyringsfrekvensen til aksjonspotensialene. McBride (2016) forteller at den totale kraften en

muskel kan skape er størst når flere motoriske enheter rekrutteres, når disse enhetene er av type 11, og når fyringsfrekvensen på aksjonspotensialene er raske.

Det finnes to unntak ved rekrutteringshierarkiet (Raastad et al., 2010). Det første unntaket er ved eksplosive muskelaksjoner. Ved eksplosive muskelaksjoner er målet å skape størst mulig kraft på kortest mulig tid, her aktiveres alle de motoriske enhetene samtidig. Det andre unntaket skjer ved rene eksentriske muskelaksjoner. Christova & Kossev (2000) hevder at ved slike rene eksentriske muskelaksjoner blir hierarkiet snudd opp ned. Det er de store type 11-enhetene som er rekruttert og de små type 1-enhetene som ikke er rekruttert.

### 2.3.7 Fyringsfrekvens

Fyringsfrekvens handler om hvor nært aksjonspotensialene følger etter hverandre i tid. Hvis aksjonspotensialene kommer raskt nok etter hverandre, vil det bli en kumulativ økning i cytosol. Om kalsiumet som skilles ut fra sarkoplasmatiske retikulum etter første gang, ikke er blitt normalisert, vil det være en gradvis økning av kalsiumkonsentrasjon i cytosol til en gitt verdi er nådd (Gjerset et al., 2015). «Kraften vil stige med økende kalsiumkonsentrasjon opp til en bestemt konsentrasjon der vi ikke får en ytterligere økning i kraft, selv om kalsiumkonsentrasjonen økes ytterligere» (Gjerset et al., 2015, s. 392). Årsaken til at det ikke kan utvikles mer kraft selv om kalsiumkonsentrasjonen økes videre, er fordi alle bindingsstedene på aktin er frigjort, og det er allerede en maksimal interaksjon mellom aktin og myosin (Gjerset et al., 2015).

Muskelfibertypene trenger ulike fyringsfrekvenser på aksjonspotensialet, for å oppnå stor nok kalsiumkonsentrasjon til å frigjøre alle bindingsstedene på aktin. Som regel trenger en type II-fiber nesten dobbelt så høy fyringsfrekvens som en type I-fiber. Type I trenger fyringsfrekvens på rundt 30-40 Hz og type II ca. 40-70 Hz. Hovedårsaken til dette er at i en type II-fiber blir kalsium pumpet betydelig raskere tilbake til sarkoplasmatiske retikulum (Gjerset et al., 2015). Som oftest blir ikke de motoriske enhetene aktivert med en stabil frekvens av impulser. Frekvensen på de første impulsene er ofte høyere enn de neste, og disse blir ofte kalt for dupletter og tripletter. Dette er avhengig av om det er to eller tre aksjonspotensialer som kommer tett etter hverandre (Gjerset et al., 2015). En summasjon er når frekvensen av impulsene opprettholdes og kontraksjonskraften i fibre vil øke. Om denne stimuleringen fortsetter, vil kraftutviklingen øke inntil muskelfibrenes maksimalkraft.

Den maksimale kontraksjonskraften i fibre vil opprettholdes så lenge impulsene varer. Dette kalles for en tetanisk kontraksjon (Gjerset et al., 2015). Målet med å fyre impulsene i dubletter og tripletter er å få konsentrasjonen av kalsium på et høyt nivå, så raskt som mulig, for så at den videre kan opprettholdes ved lavere frekvenser (Van Cutsem, Duchateau, & Hainaut, 1998; Gjerset et al., 2015). Dubletter og tripletter kan fyres med frekvenser som er mye høyere enn de vanlige impulsene (60-120 Hz), noe som er viktig i ballistiske kontraksjoner. Det vil ikke være noen større maksimal kraft ved firing av dubletter og tripletter, men høyere fyringsfrekvens. Dette medfører at tiden det tar å oppnå maksimal kraft, blir kortere (Raastad et al., 2010).

### 2.3.8 Samspillet mellom ulike muskler

Når man skal skape et dreiemoment i et ledd er det ofte flere muskler som skal aktiveres for å gjennomføre arbeidet. Om det er flere ledd som er involvert er det alltid et samspill mellom flere muskler. Samspillet mellom agonister, synergister og antagonister spiller inn på musklens evne til å produsere maksimal kraft og styrke (Raastad et al., 2010). Muskler som kalles for agonister og synergister, samarbeider om å skape størst mulig dreiemoment over ett eller flere ledd. På andre side av leddet er musklene som kalles for antagonister. Antagonistene arbeider mot agonistene og synergistene, men er nødvendig for å stabilisere leddet. Om antagonistene er aktivert i for stor grad, vil det ikke føre til en optimal kraftutvikling i leddene. Dette er fordi den høye aktiveringen enten vil redusere det dreiemomentet som vi ønsker og produsere, eller må aktivere agonistene er synergistene ytterligere (Raastad et al., 2010).

### 2.3.9 Hastighet på kraftutvikling

Betegnelsen hastighet på kraftutviklingen (rate of force development/RFD på engelsk) handler om hvor rask stigning en person har i starten av en muskelaksjon (Raastad et al., 2010). RFD blir ofte uttrykt i formelen:  $\frac{\text{Forandring i kraft}}{\text{tid}}$  (DeWeese & Nimphius, 2016). Evnen til å skape kraft hurtig, gir en god indikasjon på personens eksplosive styrke (DeWeese & Nimphius, 2016). Hastigheten på kraftutviklingen i en maksimal muskelaksjon blir bestemt

av en rekke ulike faktorer. Som tidligere nevnt, påvirker fibertypesammensetningen hvor raskt kontraksjonen av muskelfibrene vil være, og dermed hvor raskt kraften stiger. Videre vil frekvensen av aksjonspotensialene regulere hvor raskt man kan oppnå maksimal kraft.

Antallet motoriske enheter som er aktivert bestemmer hvor mange muskelfibre som utvikler kraft. Muskelens tverrsnittsareal er også en avgjørende faktor for å utvikle stor kraft gjennom hele muskelaksjonen. Hvordan senene er bygd opp vil avgjøre hvor raskt kraften på hastighetskurven kan stige. Dreiemomentet over et ledd vil være lengre i en sene med liten fjærstivhet, kontra en sene med stor fjærstivhet. Årsaken til dette er at senen blir strukket noe før kraften overføres til knoklene. En så hurtig overføring av kraft som mulig fra muskelkontraksjonen til knoklene, vil være gunstig for hastighet på kraftkurven (Raastad et al., 2010).

RFD har ulike parametere som kan være interessante og undersøke. Den største stigningen eller bratteste delen av hastighet på kraftkurven ( $RFD_{max}$ ) er en av disse. En annen parameter er stigningen ved et gitt tidspunkt etter at kraften har startet og stige. I en idrettskontekst er evnen til å kunne utvikle kraft hurtig trolig viktigere enn maksimal kraftutvikling (DeWeese & Nimphius, 2016). I en rekke idretter har man ofte ikke tilstrekkelig med tid til å generere maksimal kontraksjonskraft, da dette må skje i løpet av 0-200 ms. Og tiden man bruker på å utvikle maksimal kontraksjonskraft er minimum 300 ms (DeWeese & Nimphius, 2016). Når man løper med toppfart, er fotens kontakttid med underlaget i underkant av 200 ms. For å kunne fortsette og akselerere fremover, må kraftproduksjonen i hvert steg skje i løpet av denne kontakttiden. Om kontakttiden blir lengre eller kraftproduksjonen er mindre, vil man bremse eller miste fart (Raastad et al., 2010).

### 2.3.10 Treningsstatus

Treningsstatuen til en person og tidligere erfaring med styrketrening vil påvirke hvordan kroppen reagerer på treningen (Raastad et al., 2010; Sheppard & Triplett, 2016). For personer som tidligere ikke har noe erfaring med styrketrening, vil antagelig ha stor fremgang ganske raskt. Dette kommer nødvendigvis ikke av større maksimal kraft eller muskelstyrke, men som følge av nevralt tilpasninger og forbedret teknikk (Raastad et al., 2010; Haff & Triplett, 2016).

## 2.4 Treningsprinsipper

Som tidligere nevnt i kap. 2.2 er det en rekke ulike variabler og faktorer i treningen som man kan endre for å få ønsket effekt av styrketreningen. Disse treningsprinsippene er retningslinjer for å kontrollere og planlegge den langsiktige treningsutviklingen (Raastad et al., 2010).

### 2.4.1 Treningsintensitet

Intensitet handler om grad av mobilisering i hver repetisjon (Raastad et al., 2010). Med grad av mobilisering er det den fysiske innsatsen som blir beskrevet (Gjerset et al., 2015).

Mobiliseringsgraden kan være maksimal både med lette og tunge motstander, når intensjonen er å produsere så høy hastighet som mulig. Med andre ord er størst mulig hastighet i en øvelse med en valgt motstand, det samme som maksimal mobilisering som utgir høy treningsintensitet (Raastad et al., 2010). Intensitet uttrykkes både som en absolutt størrelse eller en relativ størrelse. Ved en absolutt størrelse blir intensitet definert som utført arbeid per tidsenhet (f.eks. watt, m/s eller  $O_2$ -opptak per min) (Raastad et al., 2010). Har man en fast ytre motstand kan treningsintensiteten uttrykkes som effekten (W) som produseres i hver repetisjon (kraft x hastighet) (Raastad et al., 2010).

### 2.4.2 Treningsmotstand

Raastad et al. (2010) definerer treningsmotstand som «den kraften (det ytre dreiemomentet) som virker mot det indre dreiemomentet musklene skaper over de involverte leddene under utførselen av en treningsøvelse.» (Raastad et al., 2010, s. 16). Motstanden kan enten uttrykkes som tyngdekraften som virker på en vekt man løfter, antall kg, eller det draget som produseres i en vaier eller en strikk. Til vanlig benyttes treningsmotstand om den vekten vi løfter i en øvelse. Dette blir uttrykt i form av prosentandel av 1 repetisjon maksimum (% av 1RM). Presisering av antall serier og repetisjoner er også vanlig (Raastad et al., 2010). For å opprettholde fremgang av muskelvekst og muskelstyrke er det vanlig og øke motstanden gradvis. Dette prinsippet kalles progresjon (Sheppard & Triplett, 2016).



### 2.4.3 Treningsvolum

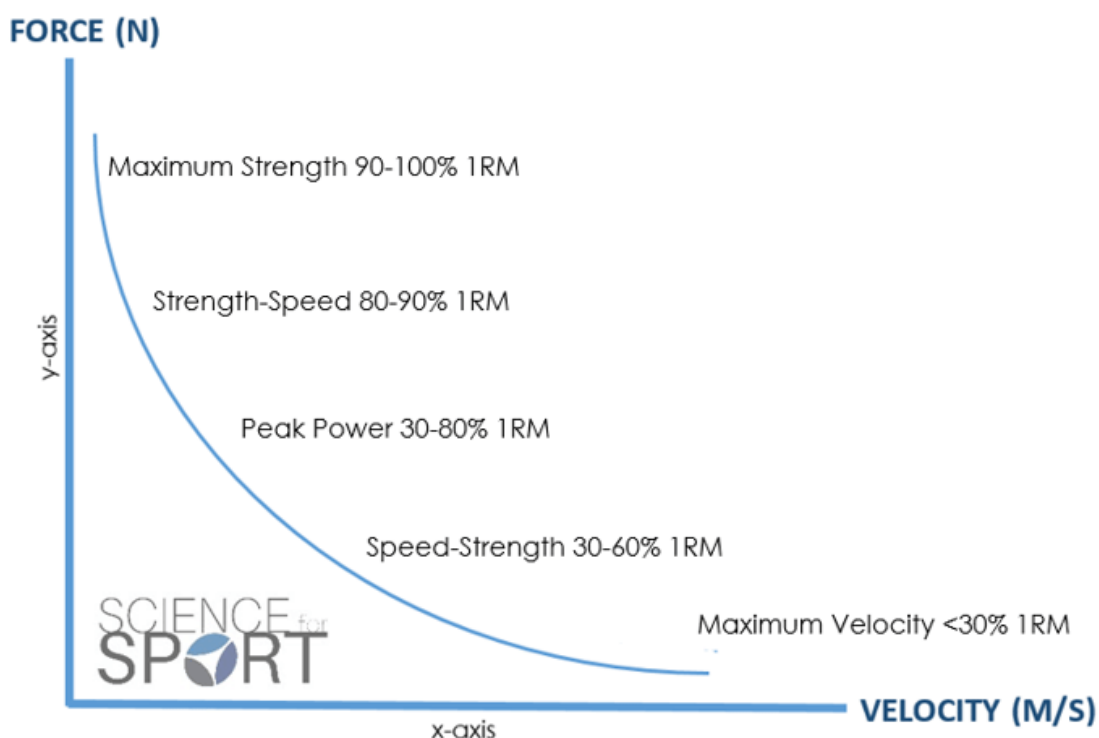
Volum kan defineres som totalbelastningen til en muskelgruppe i løpet av en treningsøkt. Det optimale ville vært og måle det indre arbeidet en muskelgruppe utfører for å løfte de fastsatte ytre motstandene (Raastad et al., 2010). Da dette er vanskelig å gjennomføre i praksis blir ofte volum sett på som produktet av antall serier x antall repetisjoner x treningsmotstand (Sheppard & Triplett, 2016).

### 2.4.4 Treningsfrekvens

Frekvens handler om hvor ofte man gjennomfører styrketrening med samme muskelgruppe per uke. Med et helkroppsprogram som trener hele kroppen to ganger i uken, vil det si at treningsfrekvensen for alle muskelgrupper blir to ganger per uke (Raastad et al., 2010). Med for liten treningsfrekvens vil det ikke bli en forbedring i muskelstyrke eller muskelstørrelse (Sheppard & Triplett, 2016). Derfor er det vanlig og gå over til splittprogrammer, hvor det bare trenes enkelte muskelgrupper i hver treningsøkt. Et tosplittsprogram har ofte fire styrketreningsøkter per uke, allikevel blir hver muskelgruppe bare trent i to av øktene. På tross av dette er den faktiske treningsfrekvensen likevel to ganger per uke (Raastad et al., 2010). På den andre siden med for stor treningsfrekvens vil det ikke være tilstrekkelig tid til restitusjon for muskelgruppene. Med dette kan det forekomme overtrening (Sheppard & Triplett, 2016).

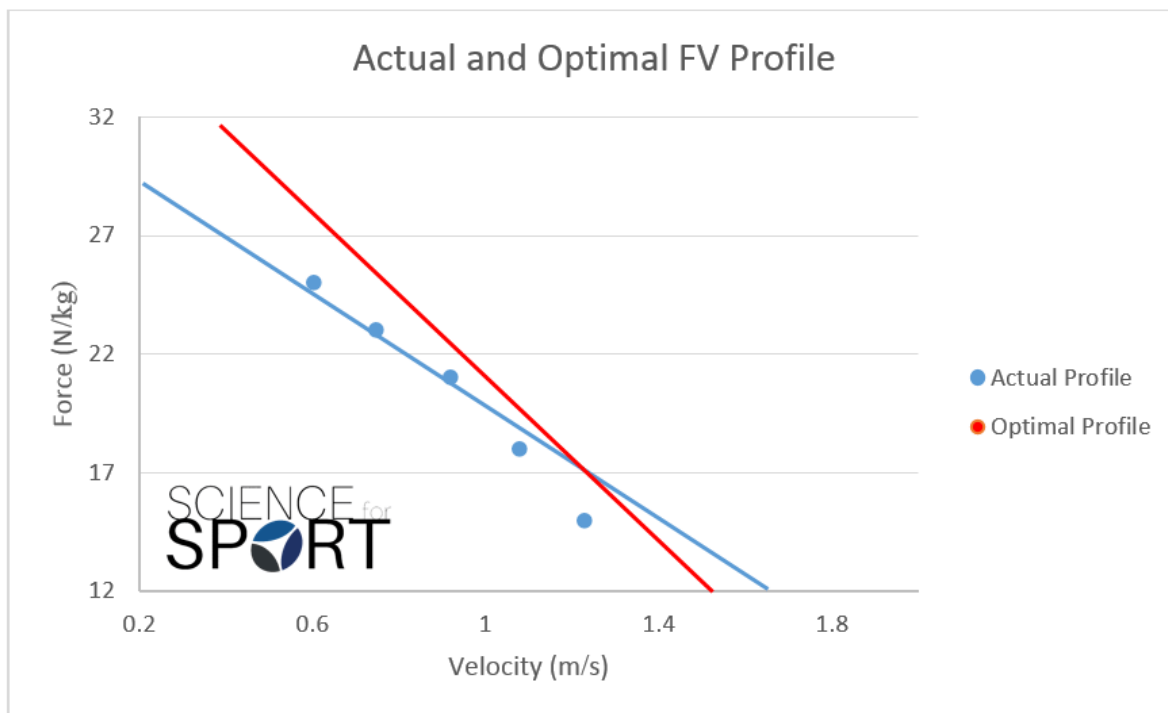
## 2.5 Personlig kraft-hastighetsprofil

En kraft-hastighetsprofil ser på forholdet mellom hvor mye kraft en utøver kan produsere og hvor raskt bevegelsen utføres. Dermed er det naturlig og se dette i sammenhengen av effekt, som tidligere nevnt, har formelen  $\text{kraft} \times \text{hastighet}$  (Raastad et al., 2010). Kraft og hastighet er to egenskaper som henger tett sammen. Om henholdsvis kraften økes, reduseres hastigheten og motsatt (Walker, 2016). Denne sammenhengen illustreres i figur 2.



**Figur 2** kraft og hastighetskurve. Kurven viser at der kraften er høy er hastigheten lav og omvendt (Walker, 2016).

Kraft-hastighetsprofilering er et relativt nytt forskningsfelt. Ledende innenfor dette forskningsfeltet er Jean-Benoit Morin og Pierre Samozino, hvor de har publisert tre studier. I 2015 publiserte Morin og Samozino en studie som så på deltakernes personlige kraft-hastighetsprofil. I dette studiet undersøkte de om det var maksimal effekt i underekstremitetene eller å endre forholdet mellom styrke og hurtighet som ga best fremgang på spensten (Morin & Samozino, 2015). Med bakgrunn i dette publiserte Morin i oktober 2017, et regneark i Excel for å enkelt gjennomføre personlig kraft-hastighetsprofil i feltet (Morin & Samozino, 2017). Kraft-hastighetsprofilering kan brukes for å undersøke hvilke dominerende egenskaper en utøver har, som vist i Figur 3. Den kan vise om en utøver har et underskudd av kraft og i forhold til hastighet under kraftutvikling eller omvendt. Prestasjonen til en utøver som har en dominerende egenskap vil ikke være optimal, fordi utøverens forutsetninger til å produsere høy effekt, ikke er optimal (Marcote-Pequeño et al., 2018). Utøver og trener kan analysere profilen og se på hvilke egenskaper som kan forbedres. En utøver som er hastighetsdominerende, og har lav kraftproduksjon, kan rette treningen mot å utvikle høyere kraft gjennom maksimal styrketrening, som vist i Figur 3. Dette vil kunne optimalisere kraft-hastighetsprofilen og dermed forutsetningene for å utvikle høy effekt, som vil kunne føre til bedre prestasjon.



**Figur 3** Kraft-hastighetsprofil for en deltaker med et kraftunderskudd (Dobbs, 2017).

Studier som tar for seg kraft-hastighetsprofilen har ofte deltakerne som er eldre. Det er få studier som tar for seg yngre utøvere og ingen hvor deltakerne driver med eksplosive idretter. Det finnes heller ingen som ser på yngre utøvere og benytter seg av Samozino og Morin sin metode (Samozino, Morin, Hintzy, & Belli, 2008).

## 3.0 Metode

### 3.1 Forskningsdesign

I denne studien ble det brukt et eksperimentelt design. Det er en replikasjon av et tidligere gjennomført forskningsprosjekt (Jiménez-Reyez, Samozino, & Morin, 2019) med en treningsintervensjon. Originalstudien ble gjennomført på 12,6 uker i gjennomsnitt, med et standardavvik på 4,6. Med et begrenset tidsrom til gjennomføring av dette studiet, ble det valgt og gjennomføre en 9 ukers treningsintervensjon, med et pre-post-design og kontroller etter 3-, 6- og 9 uker.

### 3.2 Utvalg

Fjorten utøvere ble invitert til å delta på studiet, hvor tretten av disse samtykket skriftlig til å delta på prosjektet. Deltakerne ble rekruttert ved personlig kjennskap fra trening og idrett. Ved at testansvarlig hadde kjennskap til deltakerne, var kunnskapen om deltakernes erfaringer, treningsbakgrunn og hvilket nivå de var på meget god. Utvalget besto av tretten gutter (alder =  $17 \pm 0.6$  Gjennomsnitt  $\pm$  Standardavvik, høyde =  $185.7 \pm 8.2$  cm, vekt =  $77.8 \pm 8.7$  kg), som alle var elever ved toppidrettslinje. Totalt syv basketballspillere og seks volleyballspillere. Både basketball og volleyball blir betegnet som idretter hvor det stilles store krav til hurtig muskelkontraksjon, og begge idrettene benytter seg av maksimal og eksplosiv styrketrening i og utenfor sesong (Ziv & Lidor, 2010; Raastad et al., 2010; Broussal-Derval, Delacourt, Samozino & Morin, 2016). Utvalget tar for seg målgruppen i problemstillingen, dermed vurderes deltakerne som representative for denne studien. Deltakerne hadde alle en styrketreningsbakgrunn varierende fra 1- til 4 år og var godt trente (gjennomsnittlig ukentlig treningsvolum med idretten var 11 timer på tidspunktet når studien ble gjennomført). Deltakerne var også kjente med øvelsen som ble benyttet på testingen og øvelsene som ble gjennomført på treningen underveis i studien.

Inkluderingskriterier for å delta i studien:

- Deltaker må være fylt 16 år.
- Deltaker må være gutt.
- Deltaker må være elev ved en toppidrettslinje.
- Deltaker må drive aktivt med en eksplosiv idrett (basketball, volleyball eller håndball).
- Deltaker må ha drevet med styrketrening minst 1 år.

### 3.3 Testprotokoll

Alle testene ble gjennomført på Høgskulen på Vestlandet på Campus Kronstad. Testingen fulgte Jean-Benoît Morin sine retningslinjer og anbefalinger for gjennomføring. Treningen underveis ble gjennomført på styrkerom som skolene selv betjener. Treningen ble rapportert til testleder, enten direkte eller gjennom egen trener i idrettene som videreformidlet til testleder. Siden alle deltakerne trener styrke regelmessig, var det i forkant av testdagen et krav om at de hadde to hviledager fra styrketrening på bein. Dette ble sjekket muntlig før hver testing. Balløker i form av idretten fortsatte deltakerne med som vanlig. Ved at de har to hviledager fra styrketrening på bein før testdagen, skulle det sikre at deltakerne var uthvilt på testdagen. Videre gjør dette også at deltakerne stiller med mest mulig like forutsetninger for kraftutvikling under alle testene (Raastad et al., 2010). Deltakerne fortsatte med sine vanlige balltreninger underveis i intervensjonen. Siden deltakerne skulle gjennomføre kroppssammensetningsanalyse, ble testene lagt til samme ukedag og tidspunkt for alle deltakerne. Tidspunktene var mellom 08:00 til 10:30 og 17:00 til 19:30.

#### 3.3.1 Høyde og vekt

Første og siste testing startet med å måle deltakernes høyde og videre gjennomføre en Inbody-analyse for å få en kroppssammensetningsanalyse (Inbody770). En vanlig vekt ble benyttet for å finne vekten til deltakerne under test etter 3- og 6 uker. Videre ble underekstremitetene til hver deltaker målt. Underekstremitetenes lengde måles fra øverste punkt på hoftekammen til tåspiss med helt utstrakt fot. Deltakerne kunne selv velge om de ville gjennomføre hver testing med eller uten sko. Valgte deltakerne og bruke sko hver gang, ble underekstremitetene

målt med sko på og uten sko om det ikke skulle bli brukt. Her ble målebånd benyttet. Det ble satt en tapebit på det øverste punktet av hoftekammen, da dette punktet skulle brukes videre i testingen.

### 3.3.2 Oppvarming

Generell del hvor det ble gjennomført 10 minutter på ergometersykkel, etterfulgt av en dynamisk uttøying av hofter, kne og ankel. Videre besto oppvarmingen av en spesiell del hvor deltaker selv gjennomførte knebøyhopp. Dette for å unngå strekkskader på grunn av hurtige muskelkontraksjoner (Gjerset et al., 2015).

### 3.3.3 Startposisjon

Deltakerne valgte selv sin startposisjon før første knebøyhopp. Denne utgangsposisjonen skal være lik for hvert hopp. Ved at deltakerne selv velger sin vinkel i kneleddet, vil det være naturlig og gå ned til denne posisjonen hver gang (Jiménez-Reyes, Morin & Samozino, 2019). Startposisjonen ble målt fra samme punkt på toppen av hoftekammen til deltakerne og ned til gulvet med et målebånd. Den totale lengden fra hoftekammen og ned til gulvet, ble så målt opp på en målestav, hvor et merke med tape ble satt. Merket på målestaven og merket på hoftekammen ble visuelt brukt for å undersøke at startposisjonen ble den samme på hvert hopp.

### 3.3.4 Kraft-hastighetsprofil

For å finne hver enkelt deltakers individuelle kraft-hastighetsprofil, ble det gjennomført en rekke maksimale vertikale knebøyhopp. Knebøyhoppene hadde en varierende belastning fra 0 kg, 20 kg, 30 kg, 50 kg og 70 kg. Belastningen ble valgt ut ifra kg og ikke kroppsvekt til deltakerne, slik at testingen skulle være så lik som mulig for alle. Deltakerne hadde hoftefeste på knebøyhoppene uten ekstra belastning. Knebøyhoppene som hadde ekstra belastning ble gjennomført med Eleiko vektløfterstang (iwf weigthlifting competition bar, 20 kg, men

Halmstad, Sweden) på øvre del av ryggen, med hendene på stangen. Hver deltaker gjennomførte to til tre godkjente knebøyhopp, på hver belastning, gjennomført i en randomisert rekkefølge. Mellom hvert knebøyhopp, hvor belastning var den samme, hadde deltakerne to minutters pause. Var det endring i belastningen hadde deltakerne fire minutters pause mellom hvert knebøyhopp. Var det en økning på mer enn 5% av hopp høyden på det andre knebøyhoppet med samme belastning, måtte deltakeren gjennomføre et tredje knebøyhopp (Samozino et al., 2014). Deltakerne startet hvert knebøyhopp med og stå stille, før de gikk rolig ned til ønsket startposisjon. Startposisjon ble visuelt sjekket mellom merke på hoftekam og målestav. Ingen videre svikt fra startposisjon var tillatt. Knebøyhopp som ble gjennomført med svikt utover valgte startposisjon, ble annullert og måtte gjennomføres på nytt etter to minutters pause. Etter at deltakerne hadde nådd ønsket startposisjon og blitt værende der i to sekunder, ble deltakerne bedt om å tilføre maksimal kraft for høyest mulig hopp. Deltakerne ble instruert i at overkroppen skulle holdes i en så lik stilling som mulig, på hvert hopp uansett belastning, og at landingen skulle foregå med samme fotvinkel som foten hadde da den forlot bakken (med utstrakte bein og ankel i full plantarfleksjon). Knebøyhoppet med høyeste målte hopp høyde på hver belastning, ble tatt med videre for å utvikle kraft-hastighetsprofilen til hver deltaker. Hvert hopp ble filmet ved bruk av en iOS app, My Jump 2. Her ble hopp høyden regnet ut ved at testleder filmet, valgte deretter når deltakeren forlater bakken ved siste berøring, og stoppet når deltakeren lander på bakken ved første berøring. My Jump 2 er validert av Carlos Balsalobre-Fernández (Balsalobre-Fernández, Glaister & Lockey, 2015).

Kraft-hastighetsprofilen til hver enkelt deltaker ble regnet ut i Excel-arket utviklet og som er validert av Jean-Benoît Morin og Pierre Samozino (Morin & Samozino, 2017).

### 3.3.5 Treningsintervensjon

Etter første testing, for å finne hver deltaker sin kraft-hastighetsprofil, ble deltakerne delt inn i grupper avhengig av ubalansen i profilen (% fra optimal profil, 100%). Gruppene var kraftunderskudd (0-89%), hastighetsunderskudd (111-200%) og balansert (90-110%). Videre ble kraftunderskudd og hastighetsunderskudd delt inn i to undergrupper, med høyt kraftunderskudd (0-59%) og lavt kraftunderskudd (60-89%), høyt hastighetsunderskudd (141-200%) og lavt hastighetsunderskudd (111-140%). Treningsprogrammene var justert ut ifra ubalansen til den optimale kraft-hastighetsprofilen til hver enkelt deltaker. Dermed var

treningsprogrammene noe ulike for gruppene, men var like i intensitet og volum. Videre var treningsprogrammene laget for å forbedre enten evnen til å produsere maksimal kraft, eller hastighet ut ifra kraft-hastighetsprofilen til deltakeren.

<i>FV<sub>imb</sub> Categories</i>	<i>F-v Profile in % of OPTIMAL Thresholds (%)</i>	<i>Training loads ratio*</i>	<i>Loading focus/target</i>	<i>Exercises</i>	<i>Training loads</i>
		3 Strength		Back Squat	80–90% 1RM
High Force Deficit	<60	2 Strength-Power	Strength	Leg Press	90–95% 1RM
		1 Power		Deadlift	90–95% 1RM
		2 Strength		Clean Pull	80% 1RM
Low Force Deficit	60–90	2 Strength-Power	Strength-Power	Deadlift	80% 1RM
		2 Power		SJ	> 70% of BW
		1 Strength		CMJ	> 80% of BW
		1 Strength-Power		SJ	20–30% of BW
Well-Balanced	> 90–110	2 Power	Power	CMJ	35–45% of BW
		1 Power-Speed		Single leg SJ	BW
		1 Speed		Single leg CMJ	10% of BW
				Clean Pull Jump	65% 1 RM
		2 Speed		Depth Jumps	
Low Velocity Deficit	> 110–140	2 Power-Speed	Power-Speed	SJ	BW
		2 Power		CMJ	10% of BW
				Maximal VBJ	
		3 Speed			
High Velocity Deficit	> 140	2 Power-Speed	Speed	Horizontal SJ	< BW
		1 Power		CMJ with arms	BW

Abbreviations: *FV<sub>imb</sub>*, F-v imbalance; RM, repetition maximum; SJ, Squat Jump; BW, body weight; CMJ, Countermovement Jump; VBJ, Vertical Box Jump.

\* Ratio based on six exercises/wk, three sets/exercise and 18 sets/wk.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216681.t001>

**Figur 4** Oversikt over de ulike gruppene, vist med % fra sin optimale kurve. Hvor mange øvelser i hver kategori, de ulike øvelsene og belastning (Jimenez-Reyes et al., 2019).

De individuelle treningsprogrammene er laget for å utføres med maksimal innsats, og det er utformet for å fokusere på ulik bevegelseshastighet i øvelsene. Dette for å trene ved de ulike delene av kraft-hastighetskurven til deltakeren. Øvelsene under kategorien «Strength» hadde tung belastning, som dermed ble gjennomført ved lav hastighet. Hvor øvelser under kategorien «Speed» hadde kroppsvekt, eller lettere enn kroppsvekt, og ble gjennomført med høy hastighet (Jiménez-Reyes, Samozino & Morin, 2019).

### 3.4 Statistisk analyse

Alle analyser av data foregikk i IBM SPSS Statistics 25 (IBM, Armonk, New York, USA). Data ble kontrollert for normalfordeling gjennom sammenligning av median og gjennomsnitt. Histogram og skewness-verdien ble også undersøkt og vurdert. All data som var normalfordelt ble beskrevet med gjennomsnitt ± standardavvik. For å sammenligne



testresultatene fra gang til gang ble det brukt en Paired sample T test, hvor signifikansverdien ble definert som  $P < 0.05$ . Videre er størrelsesorden på Cohen's  $d$  er definert: liten (0.2), medium (0.5) og stor ( $\geq 0.8$ ).

For å utforme kraft-hastighetsprofilen til deltakerne, ble Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Redmond, Washington, USA) benyttet. Regnearket som ble brukt i Microsoft Excel 2016, for enkelt å gjennomføre personlig kraft-hastighetsprofil i feltet, er publisert av Morin (2017).

### 3.5 Etiske overveielser

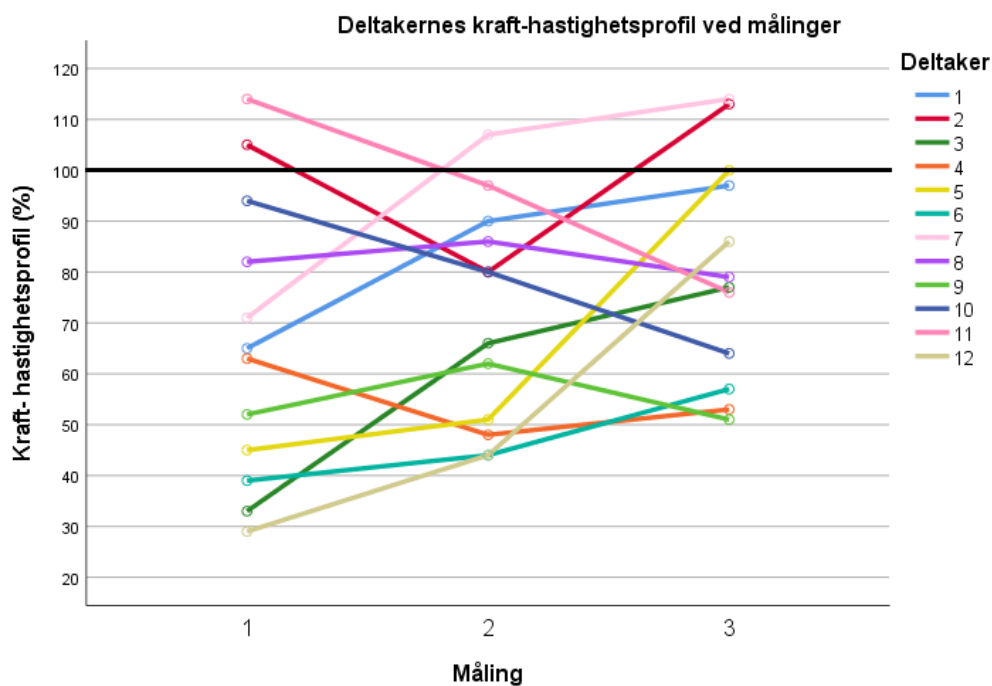
Studien har blitt godkjent av NSD (Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste) (Vedlegg 1). Forut for studien måtte deltakerne, for å kunne delta på forskningsprosjektet, skrive under på samtykkeerklæring. Retningslinjene til NSD ble benyttet for å utforme informasjonsskrivet og ble godkjent av NSD. Resultater, data og opplysninger ble behandlet uten bruk av navn, fødselsnummer, eller andre gjenkjennbare opplysninger. Deltakerne fikk et eget ID nummer, som testene som ble gjennomført og data som ble innhentet, ble knyttet til. Det er kun testleder som hadde tilgang til testresultatene. Alle resultater og data er anonymisert, og det skal ikke være mulig å gjenkjenne deltakerne. Deltakerne har hatt mulighet til å få innsyn i egne resultater og data. Under hele prosjektperioden har deltakerne hatt mulighet til å trekke seg fra studien, uten å oppgi noen begrunnelse for dette.

## 4.0 Resultat

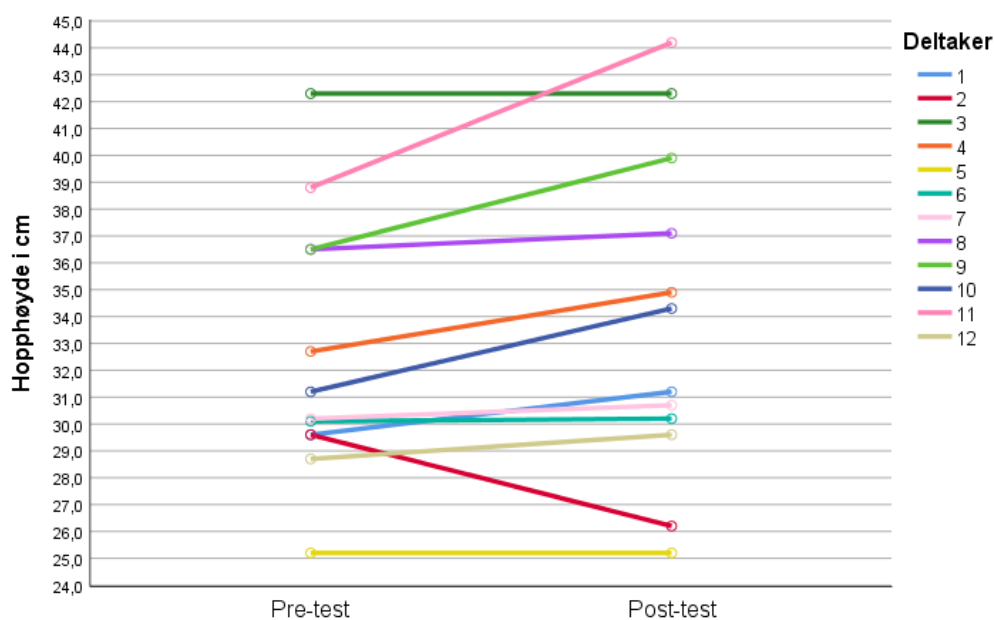
**Tabell II** viser data i form av gjennomsnitt ( $X$ ), standardavvik ( $SD$ ),  $p$ -verdi ved pretest og posttest.  $F$ - $v$  (%) kraft-hastighetsprofil vist i %.  $P_{max}$ , maksimal effektproduksjon;  $watt \cdot kilogram^{-1}$ .  $F_0$ , teoretisk maksimal kraft,  $newton \cdot kilogram^{-1}$ .  $V_0$ , teoretisk maksimal hastighet,  $meter \cdot sekunder^{-1}$ . Hoppøyde i  $cm$ . Data ble utregnet ved parede  $t$ -tester.

	Pretest	Posttest	Differanse	$p$ value	Cohen's $d$
	$X \pm SD$	$X \pm SD$			
<b>F-v (%)</b>	$66.0 \pm 28.1$	$80.5 \pm 22.0$	14.5	.144	0.57
<b>Pmax (<math>W \cdot kg^{-1}</math>)</b>	$27.0 \pm 6.3$	$26.3 \pm 6.1$	-0.7	.604	0.11
<b>F<sub>0</sub> (<math>N \cdot kg^{-1}</math>)</b>	$31.7 \pm 5.1$	$35.2 \pm 3.2$	3.5	.055	0.82
<b>V<sub>0</sub> (<math>m \cdot s^{-1}</math>)</b>	$3.4 \pm 1.0$	$3.0 \pm 0.6$	-0.4	.154	0,48
<b>Hoppøyde (cm)</b>	$32.6 \pm 4.9$	$33.8 \pm 6.0$	1.2	.086	0.21

Tabell II viser resultatene ved pretest og posttest for hele gruppen. Fra pretest til posttest forbedret gruppen kraft-hastighetsprofilen med 14,5 ( $p=0.144$ ). Dermed er ikke resultatet signifikant. Denne forbedringen er stor, med en Cohen's  $d = 0.57$ . Gruppen hadde en gjennomsnittlig nedgang på  $P_{max}$  med -0.7 ( $p=0.604$ ). Resultatet er dermed ikke signifikant. Dette er en liten nedgang med en Cohen's  $d = 0.11$ . Gruppen hadde en forbedring av  $F_0$  med 3.5 ( $p=0.055$ ). Dette er ikke et signifikant resultat. Økningen er stor med en Cohen's  $d = 0.82$ . Det var en nedgang i  $V_0$  med -0.4 ( $p=0.154$ ). Resultatet er ikke signifikant. Denne nedgangen er middels med en Cohen's  $d = 0.48$ . Hoppøyden økte med 1.2 cm ( $p=0.086$ ). Dermed er ikke resultatet ikke signifikant. Denne økningen er liten med en Cohen's  $d = 0.21$ .



**Figur 5** viser deltakernes kraft-hastighetsprofil ved første måling, andre måling og tredje måling. 100% er fremtrukket med svart linje, og viser optimal profil.



**Figur 6** viser hopp høyden gitt i cm til deltakerne ved pretest og posttest.

Resultatene viser at 9 av 12 hadde forbedring av hopp høyde. Videre hadde 2 av 12 ingen fremgang og 1 av 12 hadde en nedgang.

## 5.0 Diskusjon

I dette kapittelet vil jeg diskutere metoden, gjennomføring av testene og intervensjonen, utvalg og resultater. Ulike styrker og svakheter vil også bli diskutert.

Hovedformålet med denne studien var å undersøke effekten av et individuelt tilpasset og optimalisert styrketreningsprogram som er basert på kraft-hastighetsprofilen til toppidrettslever som driver med eksplosive idretter, når det kommer til hoppyttelse.

### 5.1 Diskusjon av metode

#### 5.1.1 Gjennomføring av testene

Deltakerne i studien var toppidrettslever som driver med volleyball og basketball på videregående skoler. Alle har tidligere erfaring med styrketrening i minimum 1- til 4 år. Det ble derfor antatt at deltakerne hadde god motorisk kontroll og evne til å gjennomføre testene og styrketreningen med maksimal innsats.

##### 5.1.1.1 Testprotokoll

Testprotokollen og retningslinjene for gjennomføring av testene som Jean-Benoît Morin har laget ble benyttet på alle testene. Ved at testene ble gjennomført på samme måte sikrer man god reliabilitet til testene (McGuigan, 2016). Reliabilitet sikres videre med at det var samme testleder som gjennomførte testene hver gang. Dette gjør at individuelle forskjeller hos ulike testledere blir tatt bort. Raastad et al. (2010) hevder at testledere motiverer ulikt, og minimale avvik i utførelsen av testene kan påvirke resultatet. Derfor er bare tester reliable når det blir benyttet samme protokoll og man skal tilstrebe å alltid ha samme testleder (Raastad et al., 2010). For at man skal opprettholde reliabiliteten i en test, kreves det en detaljert protokoll for gjennomføringen. I tillegg er det viktig med klare kriterier for å godkjenne eller underkjenne testen (Raastad et al., 2010). Deltakerne valgte selv sin utgangsposisjon for knebøyhoppet. At deltakerne selv velger denne utgangsstillingen, gjør at det er stor sannsynlighet for at den

denne posisjonen blir benyttet hver gang (Jimenez-Reyes et al., 2017). Likevel ble denne posisjonen sjekket visuelt av testleder på hvert hopp, for å sikre at startposisjonen var korrekt. Om det ble brukt en annen startposisjon enn den tidligere bestemte, ble hoppet underkjent og gjennomført på nytt etter to minutters pause. Knebøyhoppene skulle også gjennomføres med total stopp i to sekunder fra den valgte utgangsposisjonen. Hoppet ble underkjent om det ble gjennomført med noen videre svikt fra startposisjonen. Dette ble både visuelt sjekket og ble kontrollert på film da utregningen av hopp høyden ble gjort med iOS appen, My Jump 2. My Jump 2 filmer i sakte film, slik at man kan undersøke med stor nøyaktighet om det var noe videre svikt (Balsalobre-Fernández et al., 2015)

At testene ble gjennomført på samme sted, med det samme utstyret og til samme tid ved pretest, underveiskontroller og posttest, er med på å øke reliabiliteten til studiet (McGuigan, 2016). God planlegging og kommunikasjon mellom testleder, trener og deltakere er en annen faktor for reliabiliteten til testene (McGuigan, 2016). Alle testene ble planlagt i god tid, og både deltakere og trenere fikk beskjed om når testene skulle finne sted før første test. Deretter ble deltakerne informert på nytt noen dager før hver test. For å sikre nøyaktige resultater for kroppssammensetningsanalysen ble retningslinjene for analyse med InBody utviklet av BodyAnalyse fulgt (InBodyakademiet, u. å) . Dette var også en av forutsetningene for at testene skulle finne sted på samme tidspunkt på døgnet.

Knebøyhopp er en praktisk, validert og meget reliabel målingsmetode, for å undersøke underekstremitetens evne til å produsere effekt (Markovic, Dizdar, Jukic, & Cardinale, 2004). Ved at man benytter seg av et statisk knebøyhopp som testmetode i motsetning til svikhopp, fjerner man strekkrefleksjonen man kan skape i muskel og senevev (Young, 1995). Derfor benyttes knebøyhopp som oftest til å måle en utøvers eksplosive muskelstyrke (Young, 1995; Markovic et al., 2004).

#### 5.1.1.2 Læringseffekt

Et av inkluderingskriteriene for studien var at deltakerne hadde erfaring med styrketrening i minimum 1 år. Raastad et al. (2010) forteller at nevralt tilpasninger ofte er den dominerende årsaken til styrkeøkning tidlig i en treningsperiode. Derfor ble inkluderingskriteriet med 1 års erfaring gjort, for å redusere muligheten for at læringseffekt skulle gi utslag på resultatene. Dette utelukker likevel ikke at det kan ha vært en form for læringseffekt hos deltakerne. Ofte

blir det gjennomført en tilvenningsfase før en intervensjon starter, om deltakerne ikke er kjente med øvelsene (Mangine et al., 2015). En tilvenningsfase vil kunne være med på å minske risikoen for læringseffekt, men dette er ofte tidskrevende. Med en begrenset tid for gjennomføring av intervensjonen ble det gjort et valg om å ikke inkludere en slik tilvenningsfase.

### 5.1.2 Gjennomføring av treningsintervensjonen

Deltakerne fikk tildelt treningsprogram ut fra resultatene på kraft-hastighetsprofilen fra den siste testen. Disse treningsprogrammene var noe ulike for gruppene, men like i intensitet og volum vist i Figur 4. Testleder prøvde også å følge opp deltakerne på trening underveis i intervensjonen en gang i uken. Dette fører til at reliabiliteten øker, da testleder kan observere at treningen blir gjennomført på riktig måte. Ved at testleder er til stede kan også motivasjonen til deltakerne øke på treningen, som kan føre til at treningen blir gjort med maksimal innsats.

### 5.1.3 Utvalg

Utvalget som ble gjort til denne studien besto av tretten videregående elever ved toppidrettslinjer. Rekrutteringen skjedde gjennom personlig kjennskap til trenere, lærere og deltakere ved skolene og skriftlig informasjon på e-post. Deltakerne som var interesserte i å delta, tok enten kontakt direkte med testleder eller gjennom egen trener. Denne måten og gjøre utvalg på kalles for et ikke-sannsynlighetsutvalg. Et ikke-sannsynlighetsutvalg kan ha som mål å anskaffe ny kunnskap innenfor et felt, selv om dette avgrenses til å gjelde de som er innenfor utvalget (Larsen, 2007). Et tilfeldighetsutvalg vil som regel være en bedre metode for å generalisere enn ikke-sannsynlighetsutvalg, men dette krever en større populasjon enn det denne studien hadde tilgjengelig (Polit & Beck, 2018). Når et utvalg blir gjort gjennom selvutvelgning kan det føre til at bare de mest motiverte velger og delta (Polit & Beck, 2018). Ved at utvalget i denne studien er gjort gjennom selvutvelgning, kan det være at det bare var de mest ambisiøse toppidrettselevne som deltok. Da alle utenom én av elevene som ble spurt, valgte å ikke delta på studien, er dette lite sannsynlig.

Utvalget i denne studien omfatter en gruppe personer hvor totalpopulasjonen er relativt liten. Ved at totalpopulasjonen er liten medfører det at det kan være vanskelig å rekruttere et større utvalg. Utvalget som ble gjort i studiet til Jiménez-Reyes et al. (2019) var større, men denne studien var ikke begrenset til en like liten populasjon. Ser man på studier hvor det ikke har vært like omfattende testinger, som i denne studien, ser man at utvalget er større (Hammami, Chaouachi, Makhlouf, Granacher, & Behm, 2016). Selv om utvalget gjerne skulle vært større, var det med studiets satte tidsbegrensning, ikke mulig å teste flere og mulighet til følge opp underveis. En styrke ved studien er at deltakerne ikke trengte og slutte med idretten sin for å delta i studien. Det var dermed bare styrketreningen som endret seg for deltakerne. Dette kan være en av årsakene til at så mange av de som ble spurt om å delta, valgte og bli med. En utfordring med at utvalget er lite er at

Gjennom treningsintervensjonen ble det registrert noen frafall og én valgte og trekke seg helt fra studien. Da siste test var lagt til starten av andre halvår for deltakerne, var det en bare 8 av 12 som hadde fått gjennomført treningsintervensjonen gjennom juleferien. Dette medførte at testresultatene fra siste testen ble forkastet. Derfor er bare resultatene fra pretest, kontroll etter 3 uker og posttest etter 6 ukers trening inkludert i resultatene.

Underveis i treningsintervensjonen ble det benyttet selvrapportering av at styrketreningen ble gjennomført. Deltakerne skulle trene etter treningsprogrammet to ganger i uken og rapportere dette enten direkte til testleder eller via trener til testleder. På styrketreningene som testleder selv var til stede ble det observert at alle deltakerne var til stede, og at øvelsene ble gjennomført tilstrekkelig og med maksimal innsats. Da testleder og/eller trener ikke kunne være til stede på alle styrketreningene, er det ingen garanti for at treningene som ble rapportert ble gjennomført tilstrekkelig eller i det hele tatt. Det er ikke sannsynlig at dette er tilfelle, da alle som ikke hadde fått trent tilstrekkelig fra tredje til fjerde test, var helt oppriktige på dette til testleder ved siste test.

## 5.2 Diskusjon av resultater

### 5.2.1 Kraft-hastighetsprofil

Resultatene i Tabell II viser at gruppen forbedret sin kraft-hastighetsprofil nærmere sin optimale profil på 100%. Med en økning fra  $66.0 \pm 28.1$  (%) til  $80.5 \pm 22.0$  (%) er dette en forbedring med 14.5 (%). Resultatene er ikke statistisk signifikant. Videre illustrerer Figur 5 kraft-hastighetsprofilen til deltakerne ved ulike målinger (pre-, kontroll- og posttest).

Deltakerne viser her store forandringer i sin profil. Ved pretest viser figuren at et flertall, 9 av 12 av deltakerne, hadde en negativ kraft-hastighetsprofil (<90%). Det var 2 av 12 som viste en balansert kraft-hastighetsprofil (90-110%) og 1 av 12 som hadde en positiv kraft-hastighetsprofil (>110%). Ved posttest viser figuren at henholdsvis 8 av 12 hadde en negativ kraft-hastighetsprofil. Figur 5 viser videre at 2 av 12 hadde en balansert kraft-hastighetsprofil og 2 av 12 hadde en positiv profil.

Funnene viser like tendenser som tidligere studier, hvor metoden til Samozino og Morin har blitt benyttet for kraft-hastighetsprofilering. Jimenez-Reyes et al. (2017) viser til at 45 av 46 deltakerne som gjennomførte en treningsintervensjon med et individuelt optimalisert treningsprogram, forbedret sin kraft-hastighetsprofil. Videre studier gjort av Jimenez-Reyes et al. (2019) viser også lignende resultater hvor treningsprogrammer retter seg mot å optimalisere kraft-hastighetsprofilen til deltakerne.

Studier som tar for seg kraft-hastighetsprofilen til deltakere som driver med eksplosive idretter viser til at deltakerne ofte har en negativ kraft-hastighetsprofil (Bozic & Berjan Bacvarevic, 2018). Idretter som volleyball og basketball stiller store krav til å kunne utvikle stor kraft hurtig, for å kunne gjennomføre løp, retningsforandringer og hopp (Cronin & Silvert, 2005; Cornie, McGuigan, & Newton, 2010). Dette medfører at utøverne gjennom idretten vil trene sin eksplosive styrke. For at utøvere som har en kraft-hastighetsprofil med et kraftunderskudd skal forbedre forutstningene sine til å skape høy effekt, burde treningen fokusere på å øke utøverens maksimale styrke og dermed utligne til en mer balansert profil (Jimenez-Reyes et al., 2017).

Som nevnt tidligere viser Figur 5 stor forandring i deltakernes kraft-hastighetsprofil fra pre-, kontroll- til posttest. Det ville vært mer ideelt å gjennomføre studiet uten en satt tidsbegrensing slik som Jimenez-Reyes et al. (2019). Tatt i betraktning studiets tidsbegrensing



og frafall underveis, var ikke dette mulig å gjennomføre. Siden deltakerne får tildelt individuelle treningsprogram, burde også tiden til gjennomføringen av treningsintervensjonen også være individuelt. Dette medfører at tiden til intervensjonen er satt til da deltakerne har fått optimalisert sin kraft-hastighetsprofil. Dette støttes av Jimenez-Reyez et al. (2017). Videre viser den store svingningen i profilen at da deltakerne nærmer seg sin optimale profil, burde tiden mellom testingen reduseres. Ideelt ville det vært at når deltakerne er 5-10% fra balansert profil mellom 90-110%, burde testingen finne sted hver andre uke. Videre burde testingen ideelt sett finne sted hver uke, når deltakerne er 0-5% fra balansert profil (Jimenez-Reyes et al., 2019). Med tanke på at deltakerne i denne studien er toppidrettslever var ikke dette mulig og gjennomføre.

Studiet viser at toppidrettslevene har ulike forutsetninger og egenskaper både ved intervensjonens start og slutt. Dette støtter resultatene som ble funnet av Jimenez-Reyes et al. (2017). Det er ikke nødvendigvis optimalt at utøvere i lagidretter, benytter seg av felles styrketreningsprogram. Treningsprogrammene burde individualiseres ut ifra utøvernes individuelle forutsetninger og egenskaper (Raastad et al., 2010; Jimenez-Reyes et al. 2017).

### 5.2.2 Hoppøyde

Resultatene viser at hoppøyden til deltakerne økte fra  $32.6 \pm 4.9$  til  $33.8 \pm 6.0$ , og vises i Tabell II. Dette er ikke en statistisk signifikant økning. Videre viser Figur 6 hoppøyden til hver enkelt deltaker ved pretest og posttest. Fra pretest til posttest viser Figur 6 at 9 av 12 deltakere hadde en forbedring av hoppøyde. Videre viser figuren at 2 av 12 ikke hadde fremgang og at 1 av 12 hadde en nedgang i hoppøyde.

Funnene i denne studien viser lignende tendenser som tidligere forskning innenfor forskningsfeltet. Forbedringen av hoppøyde er henholdsvis mindre enn studiene gjort av Jimenez-Reyes et al. (2017) og Jimenez-Reyes et al. (2019).

Basert på resultatene i denne studien er det ikke mulig og knytte forbedringen av hoppøyde til evnen til å produsere maksimal effekt. Selv om Tabell II viser at den teoretiske maksimale kraften til gruppen har forbedret seg med 3.5, viser den også at den maksimale effektproduksjonen til gruppen har en nedgang på -0.7. Disse resultatene viser andre tendenser enn annen forskning som hevder at hoppytelse i stor grad bestemmes av

underekstremitetenes evne til maksimal effektproduksjon (Yamauchi & Ishii, 2007). Raastad et al. (2010) forteller at den relative styrken, maksimale styrke i forhold til egen kroppsvekt, er en bestemmende faktor for hopp høyde, da denne er en viktig faktor for å kunne skape stor akselerasjon av egen kroppsvekt. Det er også funnet en sterk sammenheng mellom relativ muskelstyrke og vertikal hopp høyde hos høydehoppere (Gjerset et al., 2015).

I og med at deltakerne ikke hadde noen forbedring av sin relative styrke er det naturlig å knytte resultatene til andre faktorer. Dette kan være faktorer som nevralt tilpasning. Selv om deltakerne sa de hadde trent styrke i minst 1 år og var kjente med øvelsen før første test, er det ingen garanti for dette da det ikke ble gjennomført noen introduksjonsperiode før treningsintervensjonen. Personer som er ukjente med en øvelse, er det vanlig at opplever stor fremgang i starten av en treningsperiode (Gjerset et al., 2015). I teoridelen av oppgaven ble det fortalt at disse forbedringene i stor grad skyldes tilpasningene nervesystemet foretar seg (Staron et al., 1994; Raastad et al. 2010). Etter hvert som deltakerne ble mer kjent med øvelsen vil de kunne tilegne seg en del fordeler. Dette kan være fordeler som muskelenes og nervernes evne til å aktiveres maksimalt, større antall rekrutterte muskelfibre og synkronisering av motoriske enheter (Staron et al., 1994; Raastad et al., 2010; McBride, 2016).

Den andre faktoren som kan spille inn på resultatene er forbedret teknikk i øvelsen. Selv om knebøyhopp er en meget reliabel metode å benytte, er det noen viktige retningslinjer som er viktig ved gjennomføring. Det må være full stopp i to sekunder og ingen videre svikt derfra, når deltakeren har nådd sin valgte startposisjon. Overkroppen må holdes i så lik posisjon som mulig gjennom hele bevegelsen før deltakeren forlater bakken. Når deltakerne har forlatt bakken, må det være fullstendig strekk i leddene i underekstremitetene gjennom hele svevet. Dette for å forhindre at deltakeren får lengre svevetid (Markovic et al., 2004; Glatthorn, et al., 2011). Ved at testleder visuelt sjekket startposisjonen, og at det ikke var noen videre svikt, er denne feilkilden eliminert. My Jump 2 ble benyttet for å beregne høyde på hoppene. Her er det bare nedre del av leggene og føttene til deltakerne som blir filmet. Dette medfører at det var enkelt og undersøke om deltakerne ikke har full strekk i ankelleddet. Derimot er det vanskelig og kontrollere for om det er full strekk i hofte- og kneleddet. Overkroppen er også vanskelig å se om endrer posisjon før deltakeren forlater bakken. Om deltakernes resultater kan forklares på grunn av forbedret teknikk er vanskelig og si. Da hvert hopp til hver enkelt deltaker ikke ble lagret, og kan sammenlignes for eventuelle forbedringer av teknikken.

## 6.0 Konklusjon

Formålet med denne studien var å undersøke effekten av et individuelt tilpasset og optimalisert styrketreningsprogram, basert på kraft-hastighetsprofilen til toppidrettselever som driver med eksplosive idretter.

Resultatene viser at gruppen hadde en liten effekt av å trene i seks uker med en slik metode. Gruppen som helhet viste en liten økning i hoppøyde på 1.2 cm. Resultatene for kraft-hastighetsprofilen til gruppen viste at profilen ble forbedret mot optimal profil med 14.5%. I de eksplosive idrettene, volleyball og basketball, viser resultatene at deltakerne har en tendens til å ha et kraftunderskudd i sin kraft-hastighetsprofil. Da gruppen viste en fremgang på teoretisk maksimal kraft med 3.5, men en nedgang på -0.7 på maksimal effektproduksjon, er det sannsynlig at forbedringene av hoppøyde kan komme fra nevralt tilpasninger i muskler og sener. Også utførelsen av knebøyhoppet og bruken av forbedret teknikk over tid, kan ha ført til en økning av hoppøyde. Resultatene viser at deltakerne har store forskjeller på kraft-hastighetsprofilene. Deltakerne viste også stor variasjon i forbedring og nedgang i hoppøyde. Dette støtter prinsippet om fordelene ved et individuelt tilpasset treningsprogram i de eksplosive lagidrettene.

## 7.0 Videre forskning

Forskningen som har blitt gjort innenfor feltet som baserer seg på kraft-hastighetsprofiltraining, er det lite av. Videre er det lite forskning som blir gjort på unge toppidrettselever. Dette er derfor en gruppe det er viktig og forskere videre på. Forskning viser også at evnen til å produsere høy effekt, er en viktig faktor for å prestere godt i de eksplosive idrettene. Med tanke på at disse toppidrettselevne er i en viktig fase i livet med videre satsing i sin idrett og oppbygning av sin fysiske kapasitet. Trening som baserer seg på kraft-hastighetsprofilen, burde derfor være et sentralt fagområde det forskes videre på hos toppidrettselever som driver med eksplosive idretter. Hvordan toppidrettselever responderer på treningen over en enda lengre periode hadde også vært av interesse, og videre sett på hvordan muskelfunksjonen og evnen til effektproduksjon endres. På samme måte som Jimenez-Reyes et al. (2019) la til rette for, burde videre forskning også tilrettelegge for at

tiden for intervensjonen er individuelt til når hver enkelt er innenfor sin optimale kraft-hastighetsprofil. Forskning innenfor kraft-hastighetsprofil kan videre også undersøke hvordan profilen endrer seg med trening man har et overskudd av.

## Referanser

- Azizi, E., Brainerd, E. L., & Roberts, T. J. (2008, 29. januar). Variable gearing in pennate muscles. *PNAS*, s. 6. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.0709212105>
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. (2015, januar). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*. doi:10.1080/02640414.2014.996184
- Bernaciková, M. (2012). *Physiology*. Hentet fra <http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-4/Impresum.html>
- Blazevich, A. J. (2006, februar). Effects of Physical Training and Detraining, Immobilisation, Growth and Aging on Human Fascicle Geometry. *Sports Med*, 36(12), s. 1003-1017. doi:10.2165/00007256-200636120-00002
- Bozic, P., & Berjan Bacvarevic, B. (2018). Force-Velocity Profiles of Elite Athletes Tested on a Cycle Ergometer. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 7(1), s. 59-66. doi:10.26773/mjssm.180308
- Broussal-Derval, A., Delacourt, L., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2016, juli). Jump performance and force-velocity profiling in high-level volleyball players: a pilot study. *Researchgate*, s. 1. Hentet fra [https://www.researchgate.net/publication/304274253\\_Jump\\_performance\\_and\\_force-velocity\\_profiling\\_in\\_high-level\\_volleyball\\_players\\_a\\_pilot\\_study](https://www.researchgate.net/publication/304274253_Jump_performance_and_force-velocity_profiling_in_high-level_volleyball_players_a_pilot_study)
- Byrne, D. G., Davenport, S. C., & Mazanov, J. (2007, juni). Profiles of Adolescent Stress: The Development of the Adolescent Stress Questionnaire (ASQ). *Journal of Adolescence*(30), s. 393-416. doi:<https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2006.04.004>
- Campos, G., Luecke, T., Wendeln, H., Toma, K., Hagerman, F., Murray, T., . . . Staron, R. (2002, desember). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), s. 50-60. doi:10.1007/s00421-002-0681-6
- Christova, P., & Kossev, A. (2000). Human motor unit activity during concentric and eccentric movements. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 40(6), s. 331-338.
- Cornie, P., McGuigan, M., & Newton, R. (2010, august). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med Sci Sports Exerc*, 42, s. 1582-1598. doi:10.1249/MSS.0b013e3181d2013a
- Cronin, J., & Silvert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35, s. 213-234. doi:10.2165/00007256-200535030-00003
- Dahl, H. A. (2008). *Mest om muskel-essensiell muskelbiologi*. Oslo: Cappelen akademisk.
- Dahl, H., & Rinvik, E. (2010). *Menneskets funksjonelle anatomi* (3. utg.). Oslo: Cappelen Akademisk Forlag.

- de Villarreal, E., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. (2011). Enhancing jump performance after combined vs. maximal power, heavy-resistance, and plyometric training alone. *J Strength Cond Res*, s. 3274-3281. doi:10.1519/JSC.0b013e3182163085.
- DeWeese, B., & Nimphius, S. (2016). Program Design and Technique for Speed and Agility Training. I G. Haff, & N. Triplett, *Essentials of Strength Training and Conditioning* (s. 521-557).
- Di Naso, J., Pritschet, B., Emmet, J., Owen, J., Willardson, J., Beck, T., . . . Fontana, F. (2012). Comparing thigh muscle cross-sectional area and squat strength among national class Olympic weightlifters, power lifters, and bodybuilders. *International SportMed Journal*, 13(2), s. 48-57. Hentet fra [https://thekeep.eiu.edu/kss\\_fac/14](https://thekeep.eiu.edu/kss_fac/14)
- Dobbs, I. (2017, 10. desember). Force-Velocity Profiling. Hentet fra <https://www.scienceforsport.com/force-velocity-profiling/>
- Enoksen, E. (2015). Spenst og spensttrening. I A. Gjerset, J. Nilsson, J. W. Helge, E. Enoksen, T. Raastad, H. D. Meen, . . . M. Kjær, K. Lie, & B. Brandser (Red.), *Idrettens treningslære* (2. utg.). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Erčulj, F., Blas, M., & Bračić, M. (2010). Physical demands on young elite european female Basketball players with special reference to speed, agility, explosive strength, and take-off power. *Journal of Strength and Conditioning Research*(8), s. 2970-2978.
- Giroux, C., Rabita, G., Chollet, D., & Guilhem, G. (2016). Optimal Balance Between Force and Velocity Differs Among World-Class Athletes. *Journal of Applied Biomechanics*, 32(1), s. 59-68. doi:10.1123/jab.2015-0070
- Gjerset, A., Nilsson, J., Helge, J. W., Enoksen, E., Raastad, T., Meen, H. D., . . . Beyer, N. (2015). *Idrettens treningslære* (2. utg.). (K. Lie, & B. Brandser, Red.) Oslo: Gyldendal undervisning.
- Glatthorn, J., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F., & Maffiuletti, N. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), s. 556-560. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d
- Gledson, T. O., Petrus, G., Heloiana, K. F., Paulo, H. D., Pedro, P. P., Leonardo, D. F., & Gilmario, R. B. (2018, Mars). Vertical jump and handgrip strength in basketball athletes by playing position and performance. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(1), s. 132-137. doi:10.7752/jpes.2018.01017
- Goldspink, G., & Harridge, S. (2008). Cellular and Molecular Aspects of. I P. Komi, *Strength and Power in Sports, 2nd Edition*. Wiley.
- Gonzalez-Rave, J., Juarez, D., Rubio-Arias, J., Clemente-Suarez, V., Martinez-Valencia, M., & Abian-Vicen, J. (2014, 8. juli). Isokinetic Leg Strength and Power in Elite Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), s. 227-233. doi:10.2478/hukin-2014-0050
- Hammami, R., Chaouachi, A., Makhlof, I., Granacher, U., & Behm, D. (2016). Associations Between Balance and Muscle Strength, Power Performance in Male Youth Athletes of

- Different Maturity Status. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), s. 521-534.  
doi:10.1123/pes.2015-0231
- Hurley, B. F. (1995). Age, Gender, and Muscular Strength. *The Journals of Gerontology Series, 50A*, s. 41-44. doi:10.1093/gerona/50a.special\_issue.41
- InBodyakademiet. (u. å). *Modul 1 Testforberedelser*. Hentet mai 5, 2020 fra <https://www.inbodyakademiet.no/modul-1>
- Jansson, E., Esbjörnsson, M., Holm, I., & Jacobs, I. (1990, november). Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. *Acta Physiol Scand*. doi:10.1111/j.1748-1716.1990.tb09010.x
- Jiménez-Reyez, P., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2019, 15. mai). Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PLOS ONE*. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216681>
- Larsen, A. K. (2007). *En enklere metode - Veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Lee, E., Fragala, M., Kavouras, S., Queen, R., Pryor, J., & Casa, D. (2017, oktober). Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(10), s. 2920-2937. doi:10.1519/JSC.0000000000002122
- Lieber, R. L. (1992). *Skeletal muscle structure and function: implications for physical*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Mangine, G., Hoffman, J., Gonzalez, A., Townsend, J., Wells, A., Jajtner, A., & .... Stout, J. (2015, 13. august). The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiological Reports*, 3(8), s. 1-17. doi:10.14814/phy2.12472
- Marcote-Pequeño, R., García-Ramos, A., Gonzalez-Hernandez, J., Cuadrado-Penafiel, V., Gomez, M., & Jimenez-Reyez, P. (2018). Association Between the Force–Velocity Profile and Performance Variables Obtained in Jumping and Sprinting in Elite Female Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), s. 209-215. doi:10.1123/ijsp.2018-0233
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), s. 551-555.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2014). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Mcbride, J. (2016). Biomechanics of Resistance Training. I I. Haff, & N. Triplett (Red.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. utg., s. 19-42). Champaign: Human Kinetics.

- Mcbride, J., Triplett-Mcbride, T., Davie, A., & Newton, R. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res*, s. 75-82. doi:10.1519/1533-4287(2002)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2
- Mcguigan, M. (2016). Principles of Test Selection and administration. I I. G. Haff, & N. T. Triplett (Red.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. utg., s. 249-258). Champaign: Human Kinetics.
- Mital, A., & Kumar, S. (1998, august). Human muscle strength definitions, measurement, and usage: Part I – Guidelines for the practitioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*(1-2), s. 101-121. doi:https://doi.org/10.1016/S0169-8141(97)00070-X
- Morin, J.-B., & Samozino, P. (2015, desember). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), s. 267-272. doi:10.1123/ijsp.2015-0638
- Morin, J.-B., & Samozino, P. (2017, 1. oktober). A spreadsheet for jump Force-VelocityPower profiling. Hentet fra <https://jbmorin.net/2017/10/01/a-spreadsheet-for-jump-force-velocity-power-profiling/>
- Nikolaidis, P. (2012, mai). Age- and sex-related differences in force-velocity characteristics of upper and lower limbs of competitive adolescent swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 32, s. 87-95. doi:10.2478/v10078-012-0026-4
- NOU, 2. (u.d.). Ny opplæringslov. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Olympiatoppen. (2019). «Toppidrettsstatus»: Idrettslige kvalitetskrav for utøvere som søker om tilrettelagte studier ved universitet og høyskoler med bakgrunn i toppidrettsaktivitet. Hentet 04. 06, 2020 fra [https://www.olympiatoppen.no/fagomraader/utdanning\\_og\\_karriere/toppidrettogstudier/naar\\_du\\_har\\_soekt/media47365.media](https://www.olympiatoppen.no/fagomraader/utdanning_og_karriere/toppidrettogstudier/naar_du_har_soekt/media47365.media)
- Polit, D., & Beck, C. (2018). *Essentials of nursing research : Appraising evidence for nursing practice* (9. utg.). Philadelphia: Pa: Wolters Kluwer.
- Riviere, J., Rossi, J., Jiménez-Reyes, P., Morin, J.-B., & Samozino, P. (2017). Where Does the One-Repetition Maximum Exist on the Force-Velocity Relationship in Squat? *Int J Sports Med*, 38(13), s. 1035-1043. doi:10.1055/s-0043-116670
- Rodriguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-márquez, F., Yañez-García, J., & González-badillo, J. (2017, januar). Traditional vs. sport-specific vertical jump tests: reliability, validity and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 5(1), s. 196-206. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001476>
- Rønnestad, B., Hansen, E., & Raastad, T. (2010). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), s. 965-975.
- Rønnestad, B., Hansen, J., & Nygaard, H. (2016). 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *J Sports Sci*. doi:10.1080/02640414.2016.1215499



- Samozino, P., Morin, J., Hintzy, F., & Belli, A. (2008, 20. oktober). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *J Biomech.* doi:10.1016/j.jbiomech.2008.07.028
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P., Belli, A., & Morin, J. B. (2012, februar). Optimal force-velocity profile in ballistic movements- Altius: citius or fortius. *Medicine & Science Sports & Exercise*, s. 313-322. doi:10.1249/MSS.0b013e31822d757a
- Schaun, G. Z., Ribeiro, Y., Vaz, M., & Del Vecchio, B. (2013). Correlation between Agility, Lower Limb Power and Performance in a Sport-Specific Test in Female Volleyball Players. *International Journal of Sports Science*, 3(5), s. 141-146. doi:10.5923/j.sports.20130305.01
- Sheppard, J., & Triplett, N. (2016). Biomechanics of Resistance Training. I I. G. Triplett (Red.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. utg., s. 439-469). Champaign: Human Kinetics.
- Staron, R., Karapondo, D., Kraemer, W., Fry, A., Gordon, S., Falkel, F., . . . Hikida, R. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 76(1), s. 1247-1255. doi:10.1152/jappl.1994.76.3.1247
- Utdanning.no. (2020, 11. februar). Utdanning.no. Hentet 04. 06, 2020 fra <https://utdanning.no/utdanning/vgs/IDIDR3---->
- Utdanningsdirektoratet. (2006, 8. januar). Læreplan i toppidrett - valgfrie programfag i utdanningsprogram for idrettsfag (IDR5-01). Hentet 04. 06, 2020 fra [https://www.udir.no/kl06/IDR5-01/Hele/Komplett\\_visning](https://www.udir.no/kl06/IDR5-01/Hele/Komplett_visning)
- Utdanningsdirektoratet. (2016, 22. april). Læreplanverket for Kunnskapsløftet. Hentet 04 06, 2020 fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/hvordan-er-lareplanene-bygd-opp/>
- Utdanningsdirektoratet. (2019, 14. februar). Toppidrett (IDR05-02) Kompetansemål og vurdering. Hentet 04. 06, 2020 fra <https://www.udir.no/lk20/idr05-02/kompetansemaal-og-vurdering/kv285>
- Van Cutsem, M., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998, november). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *The Journal of Physiology*, 513(1), s. 295-305. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1998.295by.x>
- Vilbli. (2020). Hentet 04. 06, 2020 fra [https://www.vilbli.no/nb/nb/no/fag-og-timefordeling-idrettsfag/program/v.id/v.idret1----\\_v.ididr2----\\_v.ididr3----/p2?rev=lk20&tid=v2020](https://www.vilbli.no/nb/nb/no/fag-og-timefordeling-idrettsfag/program/v.id/v.idret1----_v.ididr2----_v.ididr3----/p2?rev=lk20&tid=v2020)
- Walker, O. (2016, 29. januar). Force-Velocity Curve. Hentet fra <https://www.scienceforsport.com/force-velocity-curve/#toggle-id-1>
- Yamauchi, J., & Ishii, N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, s. 703-709. doi:10.1519/00124278-200708000-00009

Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New Study Athletics*, 10, s. 88-96.

# NSD NORSK SENTER FOR FORSKNINGSDATA

## NSD sin vurdering

### Prosjekttittel

Effekten av individualiserte og optimaliserte treningsprogram basert på kraft-hastighetsprofil.

### Referansenummer

657179

### Registrert

11.09.2019 av Martin Tandberg Skagen - 149228@stud.hvl.no

### Behandlingsansvarlig institusjon

Høgskulen på Vestlandet / Fakultet for lærerutdanning, kultur og idrett / Institutt for idrett, kosthold og naturfag

### Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Vegard Vereide Iversen, Vegard.Vereide.Iversen@hvl.no, tlf: 55585982

### Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

### Kontaktinformasjon, student

Martin Tandberg Skagen, martin.skagen@gmail.com, tlf: 90935907

### Prosjektperiode

23.09.2019 - 31.12.2020

### Status

23.09.2019 - Vurdert

### Vurdering (1)

#### 23.09.2019 - Vurdert

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 med vedlegg den 23.09.2019. 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:

[https://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 alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 31.12.2020.

#### 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 og 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 samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

#### 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 behandles 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 om behandlingen 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/eller 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: Jørgen Wincentzen  
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

## Vedlegg 2

# Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

## *” Testing av vertikalt hopp med ytre belastning ”*

### **Bakgrunn og formål**

Dette er en masteroppgave, som gjøres ved Høgskulen på Vestlandet, på masterstudiet: Master i fysisk aktivitet og kosthold i et skolemiljø.

Formålet med studien er å undersøke hvordan kraft-hastighetsprofilen til toppidrettslever, som driver med eksplosive idretter, blir påvirket gjennom en treningsperiode. Noen av stikkordene i min forskning vil blant annet være kraft-hastighetsprofil, individuelt tilpasset trening, styrketrening, eksplosiv styrke, maksimal styrke.

### **Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?**

Høgskulen på Vestlandet, Avdeling for lærerutdanning, kultur og idrett, campus Bergen.

### **Hva innebærer deltakelse i studien?**

Dersom du som elev velger og delta i prosjektet, innebærer det at du først deltar på en dag med fysisk testing. Testingen vil bli gjort på ca. 1 time (oppvarming og gjennomføring av testene). Det vil bli gjort en Inbody-analyse for å måle vekt og videre målt lengde på underekstremitetene (bein) med målebånd. Du vil deretter bli testet i hopp høyde. Her vil det bli benyttet en app, My jump 2, for å måle hopp høyden. Første hopp er uten ytre belastning og deretter med vil det bli en ytre belastning på ryggen. Den ytre belastningen vil være på ca. 15 kg, 30 kg, 50 kg og 70 kg, avhengig av hopp høyde på de ulike belastningene. Det gjennomføres to til tre hopp på hver belastning. Data som registreres blir ført inn i et Excel-ark, for å utarbeide din kraft-hastighetsprofil.

Videre vil det blir utformet et individuelt treningsopplegg for deg som du skal følge i 8 uker. Prosjektet avsluttes etter treningsperioden med en dag med fysisk testing. Den vil foregå på nøyaktig samme måte som den første dagen med testing.

### **Frivillig deltakelse**

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

### **Hva skjer med informasjonen om deg?**

Det blir ikke registrert personopplysninger om deg.

Det er bare student og veileder som vil ha tilgang til informasjon om testresultater og opplysninger om deg. Alle målinger og resultat vil bli behandlet uten direkte personidentifiserbare opplysninger.

Du vil kunne få kjennskap til egne resultater av testingen. Testresultater og opplysninger vil være lagret på Høgskulens forskningsserver og på min PC som er passordbeskyttet.

Deltakelse i studiet vil ikke gjenkjennes når resultatene av studiet publiseres.

Jeg vil bare bruke testresultater og opplysningene om deg til formålene det er fortalt om i dette skrevet.

Jeg behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernsregelverket.

### **Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?**

Prosjektet skal etter planen være avsluttet 01.07.2020, men data vil lagres fra til 31.12.2020, hvis det skulle skje noe uforutsatt som gjør at jeg ikke blir ferdig med min masteravhandling. Data vil da slettes helt fra min PC.

### **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,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger, og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

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

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

## **Kontaktopplysninger**

Dersom du ønsker å delta eller har spørsmål til studien, ta kontakt med:

- Martin Tandberg Skagen – prosjektleder, på epost [149228@stud.hvl.no](mailto:149228@stud.hvl.no), eller telefon 90935907.
- Vegard Iversen – veileder, på epost [Vegard.Vereide.Iversen@hvl.no](mailto:Vegard.Vereide.Iversen@hvl.no), eller telefon 92299752
- Arild Hafstad – biveileder, på epost [arild.hafstad@hvl.no](mailto:arild.hafstad@hvl.no), eller telefon 95892534.
- Referansekode NSD: 657179
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost [personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no), eller telefon 55582117

Med vennlig hilsen Martin Tandberg Skagen

## **Samtykke til deltakelse i studien**

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til deltagelse i prosjektet.

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)