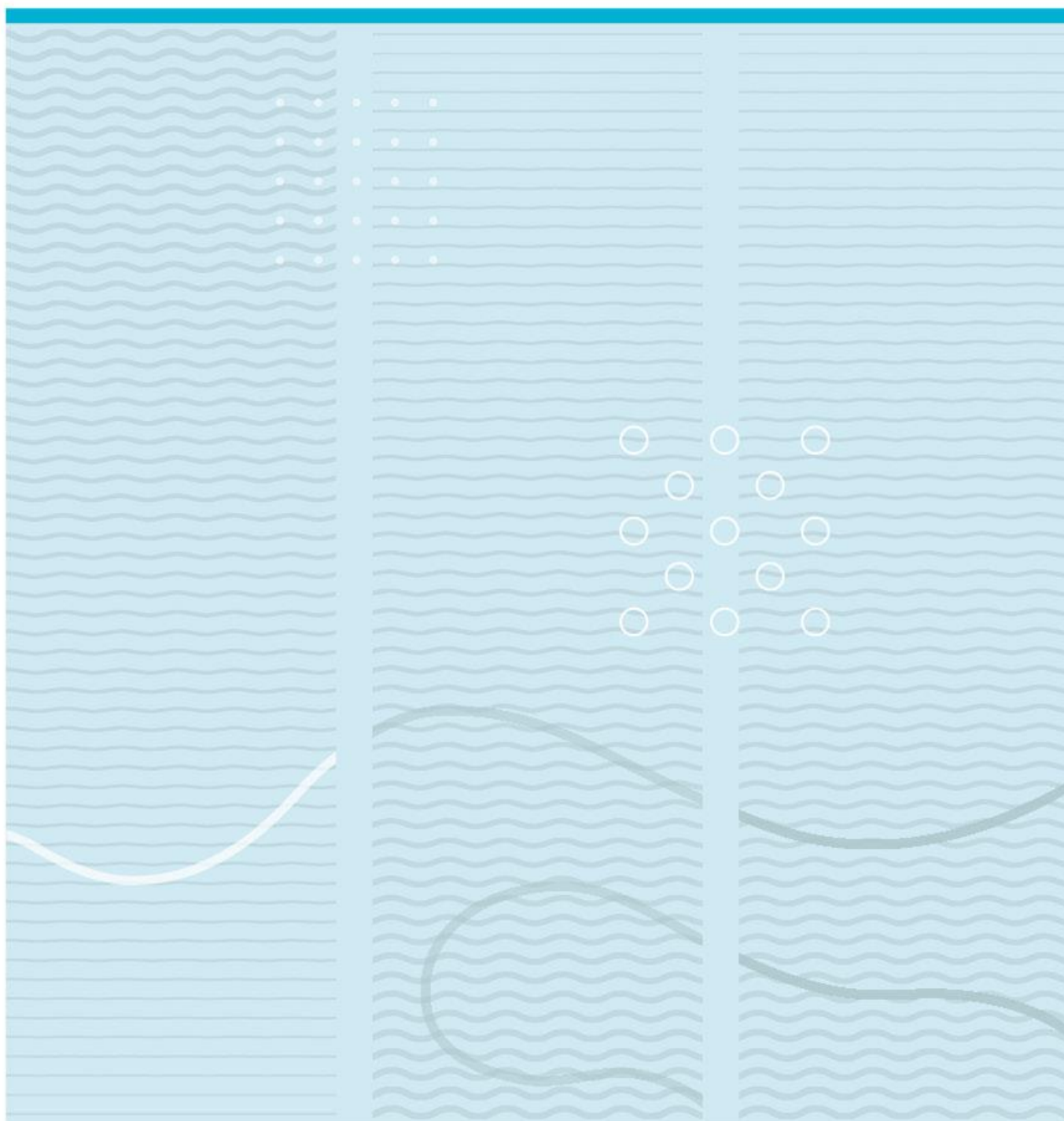


Danny Duy Vo & Dennis Åkre Danielsen

Effekten av tung styrkevevding og markløft på maksimal styrke, spenst og hurtighet blant idrettsutøvere:

En intervensjonsstudie på trente håndballspillere



Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap
Institutt for idretts- og friluftslivsfag
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2021 Danny Duy Vo & Dennis Åkre Danielsen

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Sammendrag

Hensikt: Hensikten med dette intervensjonsstudie var å undersøke hvilken av treningsøvelsene styrkevending og markløft som er mest effektiv når det gjelder å utvikle maksimal styrke og -effekt, samt se på hvilken overføringsverdi disse treningsøvelsene kan ha opp mot hurtighet og spenst. Håndballspillere i 2.divisjon trente enten styrkevending eller markløft i 7 uker og ble testet i maksimal styrke, spenst og hurtighet før og etter treningsperioden. **Metode:** Totalt 13 friske mannlige håndballspillere i 2-divisjon med erfaring innen tradisjonell styrketrening deltok i denne studien, og fordelt i to grupper styrkevending- (N=5) og markløftsgruppe (N=6). Alder, høyde og vekt er oppgitt i gjennomsnitt og +/- standardavvik for forsøkspersonene; $20,5 \pm 4,5$ år, høyde: $1,86 \pm 6,33$ m, vekt: $86,6 \pm 8,7$ kg. Utøverne ble testet i 1RM knebøy, 1RM styrkevending, 1RM markløft, maksimal effekt i knebøy, counter movement jump (CMJ), sprint 30 m, sprint 5 m, og kroppsvekt. I intervensjonsperioden ble det gjennomført tre økter i uken i øvelsene styrkevending eller markløft over en tidsperiode på 7 uker og de trente 4RM, og 3 serier. De tildelte øvelsene var et supplement til annen fysisk aktivitet deltakerne hadde i sitt opprinnelige treningsopplegg. **Resultater:** Gjennomføringen av treningsøkter for de to respektive gruppene var 93% for styrkevendingsgruppen, og 83% for markløftsgruppen. Resultatene viser signifikante forskjeller mellom pre- og post-test for hele gruppen i øvelsene CMJ, sprint 30 m, knebøy og styrkevending. Resterende øvelser viser ingen signifikante forskjeller. Resultatene mellom gruppene viser ingen signifikant forskjell i treningsrespons for CMJ, sprint 30 m, knebøy, styrkevending, markløft og sprint 5 m. Kun maksimal effekt i knebøy (W) gir en signifikant forskjell i treningsrespons mellom gruppene. **Konklusjon:** Funnene i dette intervensjonsstudie viser at tung styrketrening med maksimal mobilisering i øvelsen markløft og styrkevending for håndballspillere, ga økt maksimal kraftutvikling, spenst og hurtighet. Det var ingen forskjell i treningsrespons mellom de to gruppene. Dette kan tyde på at trening med maksimal mobilisering i seg selv er overordna valg av treningsøvelse i dette tilfelle.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Innholdsfortegnelse	4
Forord	6
Forkortelser.....	7
1.0 Teori.....	8
1.1 Krav til kraft og hurtighet i håndball.....	8
1.2 Muskulære faktorer for kraftutvikling.....	10
1.2.1 Muskelarkitektur	11
1.2.2 Muskelfibertype	12
1.3 Nevrale faktorer for kraftutvikling.....	14
1.4 Plyometriske bevegelser.....	16
1.5 Spenst	17
1.6 Hurtighet.....	18
1.7 Maksimal mobilisering.....	19
1.8 Hvordan kan treningsøvelsene styrkevending og markløft bidra til å øke hurtigheten og spensten hos håndballspillere?	20
1.9 Olympisk Vektløfting.....	21
1.10 Markløft.....	23
1.11 Oppsummering	25
1.12 Problemstilling og hypotese	26
2.0 Metoder	27
2.1 Tilnærming til problemstillingen	27
2.2 Forsøkspersoner	27
2.3 Metodiske tilpasninger grunnet Covid-19.....	28
2.4 Tidslinje for studiet.	28
2.5 Testing	29
2.6 Treningsintervensjon.....	31
2.7 Statistisk analyse	32
3.0 Resultater	33
4.0 Diskusjon.....	35
5.0 Styrker og svakheter	40

5.1 Styrker	40
5.1.1 Svakheter	40
5.2 Praktiske implikasjoner og veien videre	42
6.0 Konklusjon	43
7.0 Referanseliste	44
Vedlegg 1.	51
Vedlegg 2.	53

Forord

Vi har alltid hatt en stor interesse for olympisk vektløfting, som aktive idrettsutøvere og i senere tid som fysisk trenere i både individuelle og lagidretter. Gjennom arbeidet som fysisk trenere har vi hatt hovedansvaret for utøvernes fysiske kapasitet, og dette arbeidet har ledet frem til mange interessante samtaler og diskusjoner med andre trenere, studenter og forelesere om hvilke styrkeøvelser som er mest gunstige for å forbedre egenskaper som spenst, hurtighet og den maksimale styrken blant idrettsutøvere på høyt nivå. I løpet av bachelor- og masterstudiet har vi tilegnet oss mye nyttig og lærerikt kunnskap som vi absolutt har fått bruk for i denne masteroppgaven. Masteroppgavens tema stammer fra vår interesse for olympisk vektløfting og tradisjonell styrketrening, og dens verdifulle effekt på ulike fysiske egenskaper. Videre har vi et stort ønske om å søke kunnskap i dette feltet, og bidra til å forstå flere aspekter ved styrketrening.

I løpet av de to siste årene har vi satt av utallige timer for å fullføre denne masteravhandlingen. Vår felles interesse for Olympisk vektløfting har ført oss sammen i oppstarten av masterstudiet, og videre bidratt til at vi ble enige om en felles intervensjon, samt skriveprosess. Sammen har vi hatt et godt samarbeid og jobbet målrettet mot fremstilling av det beste produktet etter vår evne. Arbeidet med denne masteravhandlingen har til tider vært krevende, men mest av alt veldig lærerikt og spennende.

Vi vil gjerne takke håndballspillerne som har stilt opp og gjennomført tester, samt intervensjonen til tross for den krevende Covid-19 situasjonen. Videre vil vi også takke Urædd håndball og Sprek Porsgrunn for å ha gitt oss muligheten til å gjennomføre testene i deres lokaler. Vi vil takke USN for noen fantastiske år på denne skolen, og takke alle våre forelesere som har bidratt til å øke vår kompetanse innen dette fagfeltet. Videre vil vi benytte anledningen til å takke vår fantastiske veileder Arnstein Sunde som har vært der under hele prosessen, veiledet oss i riktig retning, korrekturlesing, vært en god støttespiller og ikke minst kommet med konstruktiv kritikk som har vært avgjørende for masteravhandlingen. Sist, men ikke minst ønsker vi å sende en takk til Øyvind Støren som har bidratt med sin kompetanse i flere deler av denne masteravhandlingen. Tusen takk til alle som har bidratt!

Forkortelser

CMJ: Counter movement jump uten armsving

RM: Repetisjon maksimum

VO_{2max}: Maksimalt oksygenopptak (ml·kg·min⁻¹)

RFD: Rate of force development

MHC: Myosinets tunge kjeder

Watt (W): Effekt

W·kg⁻¹: Watt per kilogram

m·s⁻¹: Meter per sekund

N= Newton

cm²: Kvadratcentimeter

km·h⁻¹: kilometer i timen

1.0 Teori

1.1 Krav til kraft og hurtighet i håndball

Toppåhåndball på elitenivå i moderne tid er en fysisk krevende lagidrett (Michalsik & Aagaard, 2015). Lagets prestasjon er bestemt av prestasjoner på individnivå, samt de tekniske komponenter og samspillet mellom spillerne på laget (Michalsik & Aagaard, 2015).

Prestasjonen for håndballspillere avhenger av hvor godt utøverne klarer å koordinere bevegelsene som løping, hopping, retningsforandringer, kroppskontakt og håndballspesifikke bevegelser som består av pasning, mottak, kast, og blokkering (Karcher & Buchheit, 2014; Wagner, Finkenzeller, Wurth & Duvillard, 2014). I tillegg til dette må utøveren kunne håndtere ulike tekniske ferdigheter for å kunne løse taktiske situasjoner i løpet av spillet (Karcher & Buchheit, 2014). En håndballkamp er dynamisk og er preget av hyppige intensitetsendringer med krevende fysiske konfrontasjoner (Wagner et al., 2017). Muskelstyrke er en viktig faktor for idrettsprestasjonen i håndball, og økt evne til kraftutvikling og styrke gir en fordel i håndballspesifikke bevegelser (Manchado, Tortosa-Martinez, vila, ferragut & Platen, 2013).

Antall ballbesittelser i håndball har holdt seg ganske stabilt over de siste årene, med $56 \pm 4,4$ angrep per kamp rapportert i OL 2008, og $53,7 \pm 4,3$ angrep per kamp i EM 2012. Dette betyr at i løpet av en håndballkamp blir det vekslet mellom angreps- og forsvars faser hvert 22-36 sekund (Karcher & Buchheit, 2014). En dansk studie har kategorisert ulike intensitetsinndelinger ved hjelp av videoanalyser fra håndballkamper på elitenivå (Michalsik, Aagaard & Madsen, 2012). Her har de delt inn de ulike kategoriene etter gjennomsnittlig hastighet; lav-intensitet aktivitet (stillestående ($0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), gange ($4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)), moderat intensitet (jogge $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), sideveis bevegelser ($10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), baklengs løping ($10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), løping ($13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), og høy intensitet løping (rask løping ($17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), sprint ($24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)) (Michalsik et al., 2012; Michalsik & Aagaard, 2015). Videre viser analysene at under en håndballkamp bruker utøverne majoriteten av den effektive spilletiden på lav- eller moderat intensitet i bevegelser: stå stille (36,8%), gange (39,6%), og jogging (8,6%). Høyintensiv bevegelser som løp (4,4%), sidebevegelser (7,4%) hurtig løping (1,4%) og sprint (0,4%) representerer en liten andel av den totale effektive spilletiden (Michalsik & Aagaard, 2015). En gjennomsnittlig sprintlengde i håndball kan variere fra 7- til 12 m, hvert løp i gjennomsnitt har en varighet på mellom 1,0

til 2,3 s (Iacono, Karcher & Michalsik, 2018; Hermassi et al., 2017). Det er også blitt observert i gjennomsnitt 50 retningsforandringer per kamp (Hermassi et al., 2017). Analyser av den danske toppserien viser at mannlige håndballspillere avlegger en total løpsdistanse på 3945 ± 568 m per kamp (Michalsik & Aagaard, 2015). Studier viser at mannlige spillere i Superligaen i Danmark har et maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}) på $57,0 \pm 4,1$ ml·kg·min⁻¹. Den relative arbeidsbelastningen per kamp ligger på $70,9 \pm 6$ % av VO_{2max} (Michalsik & Aagaard, 2015).

Styrken og evnen til kraftproduksjonen i underekstremiteten spiller en viktig rolle for kvaliteten i høyintensive bevegelser med kort varighet (Bragazzi, Rouissi, Hermassi & Chamari, 2020). Analyser viser at i en håndballkamp kan det oppstå opp til $1482,4 \pm 312,6$ bevegelses endringer per kamp (Michalsik & Aagaard, 2015). En høyintensiv bevegelse kan innebære intensiv løping, stopp, retningsforandringer, sidebevegelser og dueller (Bragazzi et al., 2020; Michalsik & Aagaard, 2015). Varigheten på disse bevegelsene er korte, men stiller store krav til både styrke og hurtig kraftutvikling (Bragazzi et al., 2020). Evnen til tempoendring, og akselerasjon gjennom en hel kamp er av stor betydning for å kunne spille på toppnivå (Iacono et al., 2018). I håndball kreves hurtig kraftproduksjon i over kort tid for å effektivt utføre spesifikke tekniske bevegelser (Iacono et al., 2018).

1.2 Muskulære faktorer for kraftutvikling

Muskelstyrke er definert som evnen til å utøve en kraft på en ekstern gjenstand eller motstand (Suchomel, Nimphius & Stone, 2016). Muskelstyrkens størrelse er bestemt av både forhold ved muskelen selv, muskulære faktorer, og forhold knyttet til nervesystemets evne til å aktivere de involverte musklene på en riktig måte; nevralt faktorer (Raastad et al., 2010).

Når det gjelder muskulære faktorer, vil det maksimale kraftpotensialet til en muskel avhenge av tverrsnittsarealet for den gjeldende muskelen eller muskelgruppen og fiberretningen i muskelen (muskelarkitektur) (Åstrand, Rodahl, Dahl & Strømme, 2003; Raastad et al., 2010). Kraftpotensialet for eksplosiv styrke vil bestemmes av muskelfibertype-sammensetning, antall sarkomerer i serie, muskelarkitektur, muskeltverrsnittsareal (Åstrand et al., 2003; Raastad et al., 2010). I tillegg vil forhold som avstanden fra muskelens utspring til leddenes omdreiningssakse og lengde på knokler spille en rolle for den totale ytre kraftutviklingen (Raastad et al., 2010) Rate of force development (RFD) er det nevro-muskulære systemets evne til å produsere hurtig kraftutvikling fra null til maksimal kraft, og blir regnet som en viktig parameter for muskelstyrke, spesielt i idretter som krever hurtige bevegelser (Rosell, Custodio, Márquez, Garcia & 2017; Raastad et al., 2010). Endringer i muskulaturen grunnet hypertrofi kan i stor grad påvirke muskulaturens evne til kraftutvikling (Suchomel, Nimphius, Bellon & Stone, 2018). Forskning viser at økt tverrsnittsareal fører til forbedring av både RFD og maksimal styrke (Suchomel et al., 2018).

1.2.1 Muskelarkitektur

Muskelen er i stand til å produsere et trekk i senen tilsvarende en kraft på 20 til 30 N per cm² (Raastad et al., 2010). Muskulaturens evne til kraftproduksjon og ved hvilken hastighet dette kan oppstå i, er begge påvirket av muskulaturens arkitektur (Cuthbert et al., 2020). Muskelarkitektur tar for seg muskelfiber, pennasjonsvinkel, og muskeltykkelse i fysiologisk- eller anatomisk tverrsnittsareal (Cuthbert et al., 2020; Raastad et al., 2010). Et fysiologisk tverrsnitt er tverrsnittet målt vinkelrett på fiberretningen, og anatomisk tverrsnitt blir målt vinkelrett på muskelens lengdeakse (Raastad et al., 2010).

Det er flere muskelfibre i en fjærformet muskel i forhold til en spoleformet muskel (Raastad et al., 2010). I en fjærformet muskel er muskelfibrene skråstilt i forhold til muskelretningen (Raastad et al., 2010). Dette kalles for muskelfibrenes pennasjonsvinkel (Raastad et al., 2010). I isometriske muskelaksjoner med maksimal kraftutvikling, ser det ikke ut til at muskelarkitekturen utgjør en forskjell når det kommer til hvor mye kraft en kan produsere (Raastad et al., 2010). Arrangeringen av muskelfibrene i en muskel påvirker de mekaniske egenskapene (Alonso-Fernandez, Docampo-Blanco & Martinez-Fernandez, 2017). En spoleformet muskel som har relativt lange fibre, liten pennasjonsvinkel og dermed et stort antall sarkomerer i serie, er optimalt for å produsere stor kraftutvikling ved hurtige kontraksjonshastigheter (Roland & Edgerton, 2009). Fibrene er lengre enn i de fjærformede musklene, selv om de spoleformede- og fjærformede musklene har samme tykkelse og absolutt lengde (Raastad et al., 2010). Arkitekturen på de fjærformede musklene er innordnet slik at de får et relativt stort tverrsnittsareal på grunn av sine skråstilte fibre (Raastad et al., 2010). På grunn av skråstillingen og parallelle plasseringen av sine relativt korte fibre inneholder en fjærformet muskel flere fibre enn spoleformet, med samme tverrsnittsareal (Roland & Edgerton, 2009; Raastad et al., 2010). Dermed skaper dette optimale forutsetninger for å produsere et stort dreiemoment over et ledd under små vinkelhastigheter (Roland & Edgerton, 2009; Raastad et al., 2010).

De leddnære musklene i de store leddene som for eksempel muskulaturen i låret, leggen og skuldrene er i hovedsak fjærformet (Raastad et al., 2010). Dette kan være gunstig siden de fjærformede musklene har skråstilte fibre, som gjør de godt egnet til å skape stor kraft ved

lave forkortningshastigheter (Raastad et al., 2010). De mer distale musklene for eksempel i armene er som regel spoleformet, og slik muskulatur er bedre egnet til å skape kraft ved større vinkelhastighet over et ledd, enn fjærformede muskler (Raastad et al., 2010). Dette er hensiktsmessig både med tanke på løpsakselerasjon og skuddhastighet i håndball der bevegelsene starter i de store muskelgruppene rundt hofta og ender distalt henholdsvis i bein og armer med stor hastighet (Rousanoglou, Noutsos, Bayios, & Boudolos, 2014; Moore, 2016).

1.2.2 Muskelfibertype

Skjelettmuskulaturen inneholder ikke bare en homogen gruppe muskelfibre med like metabolske og kontraktile egenskaper (McArdle, Katch & Katch, 2015). Muskulaturen inneholder hovedsakelig to typer muskelfibre, type-I og type II (McArdle et al., 2015; Wilson et al., 2012). Denne fordelingen er basert på tre forskjellige isoformer av myosinets tunge kjeder (MHC), og disse bestemmer de kontraktile egenskapene til de forskjellige muskelfibrene (Vikne, Strøm, Pripp & Gjøvaag, 2020; Raastad et al., 2010). Forskjellene gjelder spesielt ved maksimale forkortningshastigheter (Raastad et al., 2010).

Type-I fibre har den laveste ATPase-aktiviteten, og har den laveste hastigheten på tverrbrosyklusen av de ulike isoformene av MHC, og blir derfor kjennetegnet som de langsomme muskelfibrene (Qaisar, Bhaskaran & Van Remmen, 2016; Wilson et al., 2012; Vikne et al., 2020). De har hovedsakelig en oksidativ metabolisme, som tillater dem å utføre spesialiserte funksjonelle oppgaver (Qaisar, Bhaskaran & Van Remmen, 2016; Wilson et al., 2012). Dermed er disse fibre svært godt egnet for utholdende øvelser på grunn av høy oksidativ evne og stor kapillærtetthet (Qaisar, Bhaskaran & Van Remmen, 2016).

Type II muskelfibre kan deles inn i tre ulike typer, som er fibertype-IIa, -IIb og -IIx (McArdle et al., 2015). Type-IIb og -IIx kjennetegnes som hurtige muskelfibre på grunn av deres evne til hurtig kraftproduksjon (Qaisar, Bhaskaran & Van Remmen, 2016; Wilson et al., 2012). Ved maksimale forkortningshastigheter kan fibertype-II produsere en kraftutvikling som er tre til fem ganger så hurtig, enn de langsomme type-I fibre (McArdle et al., 2015; Wilson et al., 2012). De raske muskelfibrene er avhengig av et velutviklet kortsiktig glykolytisk system

for energifrigjøring (McArdle et al., 2015). Disse hurtige fibrene er hovedsakelig dominante ved anaerobe øvelser som for eksempel sprint og hopp (McArdle et al., 2015). Derimot er type IIa fibrene en mellomvariant av type-I og IIb, og denne fibertypen kan kjennetegnes som mer utholdende enn type IIb (Qaisar, Bhaskaran & Van Remmen, 2016; McArdle et al., 2015; Vikne et al., 2020). Type-II fibrene har en rask forkortningshastighet, og en moderat godt utviklet kapasitet for energioverføring fra både aerobe- og anaerobe kilder (McArdle et al., 2015). Andelen av hver type muskelfibre varierer mellom de ulike muskelgruppene, og variasjonen er individuelt for enkeltpersoner (McArdle et al., 2015; Raastad., 2010; Wilson et al., 2012).

Ved en isometrisk kontraksjon vil de ulike muskelfibrene klare å utvikle like stor kraftutvikling, dersom de har likt tverrsnittsareal (Qaisar, Bhaskaran & Van Remmen, 2016; Wilson et al., 2012; Raastad et al., 2010). Dette endrer seg altså når en muskel eller muskelgruppe jobber dynamisk, og kontraksjonshastigheten må tas i betraktning (Raastad et al., 2010). Da vil fibertypesammensetningen være avgjørende for den enkeltes evne til kraftproduksjon (Wilson et al., 2012; Raastad et al., 2010). Styrketrening kan bidra til en overgang fra at muskelfibertype-IIx blir omgjort til type IIa-fibre (Raastad et al., 2010). Derimot ser det ikke ut til at det oppstår en videre overgang fra type IIa-fibrene til type I-fibre, men dette kan kanskje gjennomføres med utholdenhetstrening (Raastad et al., 2010). Overgang fra muskelfibertype-I til type IIa kan kanskje gjennomføres med maksimal styrketrening og eksplosiv trening, men dette er fortsatt under-dokumentert emne i litteraturen (Vikne et al., 2020; Raastad et al., 2010). Wilson et al., 2012 har i sin metastudie funnet at en manipulering av ulike trenings variabler kan føre til overgang av type-II fibre- til I-fibre, og motsatt. Økt tverrsnittsareal på muskelen og muskelfibrene bidrar til å skape større kraftproduksjon (Suchomel et al., 2018). Endringer i muskulaturen ved hjelp av hypertrofi kan i stor grad påvirke muskelens evne til å produsere maksimal styrke og effektutvikling (Suchomel et al., 2018). Økt hypertrofi av spesielt type II-fibrene kan endre hele kraft-hastighet egenskapene for hele muskelen (Suchomel et al., 2018).

1.3 Nevrale faktorer for kraftutvikling

Evnen til å generere maksimal kraft i løpet av en bevegelse styres ikke alene av muskulaturens morfologi, men også av nervesystemets evne til å aktivere de involverte musklene på en riktig måte (Cormie, McGuigan & Newton, 2011). For å kunne utnytte potensialet mellom maksimal styrke og tverrsnittsarealet i en muskel avhenger dette av hvor mange tverrbroer vi kan få i parallell i muskelfibrene (Raastad et al., 2010). Nervesystemet styrer aktiveringen av musklene gjennom rekruttering av motoriske enheter, fyringsfrekvens og synkronisering, og koordineringen mellom musklene (Cormie et al., 2011). I tidlig fase av styrketrening er det godt dokumentert at nevralt tilpasninger kan bidra til økt kraftproduksjon i muskulaturen (Staron et al., 1994; MacLennan, Mota, Thompson, Stock, 2021). Videre har Narici, Roi, Landoni, Minetti, & Cerretelli (1989) kommet frem til at 40% av økningen i relativ styrke i begynnelsen av en treningsperiode skyldes av hypertrofi, mens resterende 60% kan være forårsaket av nevralt tilpasning.

Hvor mye kraft en muskel eller muskelgruppe kan produsere er avhengig av aktiveringsgraden, som vil si hvor mange motoriske enheter som er aktivert til enhver tid i gjeldene muskel eller muskelgruppe (Maffiuletti et al., 2016; Raastad et al., 2010). Ved hurtige- og langsomme kontraksjoner blir de motoriske enhetene rekruttert etter hierarkisk ordning fra de minste- til de største enhetene (Maffiuletti et al., 2016; Cormi et al., 2011; Raastad et al., 2010). Ved at de motoriske enhetene blir rekruttert i et hierarki, så kan vi regulere kraften i en muskelaksjon ved et gitt arbeid (Maffiuletti et al., 2016; Raastad et al., 2010). I et arbeid hvor det krever liten kraftutvikling, så er det de små enhetene av type I-muskelfibrene som blir rekruttert først. Videre vil de store enhetene av type-II muskelfibre bli rekruttert for å bidra til videre kraftøkning (McArdle et al., 2015; Raastad et al., 2010).

For å øke kraftutviklingen ytterligere må fyringsfrekvensen økes for å nå den maksimale kraftutviklingen (Maffiuletti et al., 2016; Raastad et al., 2010). Fyringsfrekvensen av antall aksjonspotensialer, og hvor kort varighet det er mellom disse avgjør hvor mye kalsium (Ca^{2+}) som blir sluppet fri inn i cytosol ved en muskelaksjon (Raastad et al., 2010). Ved første utslipp av Ca^{2+} fra sarkoplasmatiske retikulum (SR) og inn i cytosol, så vil Ca^{2+} i cytosol fort bli pumpet tilbake til SR, hvis antall aksjonspotensialer ikke opprettholdes (Raastad et al.,

2010; Åstrand et al., 2003). Dersom det kommer flere raske aksjonspotensialer rett etter hverandre, så vil Ca^{2+} nivået i cytosol øke, og nivået av Ca^{2+} kan opprettholdes i cytosol (Raastad et al., 2010; Åstrand et al., 2003). Ca^{2+} i cytosol vil kunne frigjøre tropomyosinråden som ligger rundt aktinfilamentene, og dette vil frigjøre bindingssteder hvor myosinhodene kan binde seg (Raastad et al., 2010). Dette vil da være faktoren som bestemmer spenningsnivået i en uthvilt muskelfiber (McArdle et al., 2015; Raastad et al., 2010; Åstrand et al., 2003). Ved en økende konsentrasjon av Ca^{2+} vil kraften øke til et bestemt nivå, og videre økning i Ca^{2+} konsentrasjon vil ikke bidra til ytterligere kraftøkning (Raastad et al., 2010).

RFD er spesielt viktig i idretter som krever hurtige bevegelser (Rosell et al., 2017). Det er tre faktorer til hvorfor muskelfibertype-II kan produsere en høyere RFD enn muskelfibertype-I. Muskelfibertype-II har en høyere aktiverings-terskel, som vil si at de krever en høyere fyringsfrekvens for å bli aktivert (Maffiuletti et al., 2016). Disse type-II fibre har generelt en raskere kontraksjonshastighet, og dermed vil tidlig rekruttering av disse store motoriske enhetene resultere i en økt RFD (Maffiuletti et al., 2016). Videre har type-II fibre en større mengde Ca^{2+} utslipp per aksjonspotensial, som igjen vil påvirke mengden frigjorte bindingssteder hvor myosinhodene kan binde seg (Maffiuletti et al., 2016; McArdle et al., 2015). Den siste faktoren er at muskelfibertype-II har en raskere dannelse av tverrbroer (Maffiuletti et al., 2016; McArdle et al., 2015). Disse faktorene gjør at type-II muskelfibre er bedre egnet, og har et bedre utgangspunkt til å produsere kraft på kort tid (Maffiuletti et al., 2016). Dermed vil en økt fyringsfrekvens bidra til flere muligheter for å aktivere flere motoriske enheter, og bidra til økt styrke og RFD (Maffiuletti et al., 2016).

Fyringsfrekvensen og rekruttering av de motoriske enhetene er bestemmende for RFD (Wiegel, Centner & Kurz, 2019). Under eksplosive muskelkontraksjoner er de innledende aksjonspotensialene assosiert med en økning i antall dubletter og triplerter (Cormie et al., 2011). Disse innledende aksjonspotensialene kalles for dubletter eller triplerter dersom det er to eller tre som raskt kommer etter hverandre, og som igangsetter en muskelaksjon (Raastad et al., 2010). Formålet med disse innledende høyfrekvente aksjonspotensialene er at de raskt gir ønsket Ca^{2+} - konsentrasjon, og deretter kan denne konsentrasjonen bli opprettholdt ved lavere frekvenser (Raastad et al., 2010). I ballistiske kontraksjoner er utrente i stand til å

oppnå en fyringsfrekvens på 60-120 hz på de innledende dublettene eller tripllettene (Maffiuletti et al., 2016). Videre viser studier at godt trente personer kan oppnå en innledende fyringsfrekvens opp til 200 hz (Maffiuletti et al., 2016). Ved kontraksjoner med lengre varighet (>500 ms), vil ikke de innledende aksjonspotensialene bidra til høyere maksimal kraft (Raastad et al., 2010). RFD er kritisk i ballistiske idretter på grunn av den korte perioden som er tilgjengelig for kraftproduksjon (<300 ms) (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson & Dyhre-Poulsen, 2002; Bogdanis et al., 2018).

1.4 Plyometriske bevegelser

De fleste spesifikke håndballbevegelser involverer en strekk- forkortelse syklus i muskel/seneapparatet (Hermassi et al., 2017). Det vil si at muskel og sene strekkes i den eksentriske fasen av bevegelsen for deretter raskt trekke seg sammen i den konsentriske fasen (Hermassi et al., 2017). Denne syklusen bidrar til økt maksimal kraft i den konsentriske fasen (Hermassi et al., 2017; Fukutani & Herzog, 2020; Radnor et al., 2018). Kraftøkningen blir ofte kalt for strekk-forkortelse effekten (Fukutani & Herzog, 2020). Denne effekten blir antatt å være forårsaket av økt aktivering gjennom strekkrefleks-responsen, lagring av elastisk energi i sener og i muskulaturen (Fukutani & Herzog, 2020). Bevegelser som innebærer strekk forkortningsykluser kalles plyometriske bevegelser (Hackett, Davies, Soomro & Halaki, 2015).

For å sikre riktig elastisk energilagring, må den gjeldende muskelen være betydelig stivere enn sin sene, slik at en forlengelse av senen kan forekomme med bare minimal muskelforlengelse (Gruber, Kramer, Mulder & Rittweger, 2019). Dette er nyttig for lagring av elastisk energi, med tanke på at senen gjennomgår en betydelig tøyning uten å tape energi (Gruber et al., 2019). Denne forlengelsen tillater kryssbro-dannelsen i de kontraktile elementene (Gruber et al., 2019). I motsetning til senens stivhet, kan stivheten i muskelen endres innen brøkdeler av et sekund over et område av arbeidende muskulatur ved å øke eller redusere antall kryssbroer (Gruber et al., 2019). Størrelse og lengde representerer anatomiske trekk for optimalisert sene og muskelfunksjon (Gruber et al., 2019). Det er hovedsakelig individets nevralt-kontroll av de arbeidende musklene som bestemmer utslaget under én

strekk-forkortelse-syklus (Gruber et al., 2019; Radnor et al., 2018). En sene som strekker seg i den eksentriske fasen, og trekker seg tilbake i høy hastighet i løpet av denne fasen gjør at muskelen kan forkorte seg saktere (Gruber et al., 2019). Dette gir mulighet til en høyere kraftproduksjon under muskelarbeidet (Gruber et al., 2019; Radnor et al., 2018).

1.5 Spenst

For å forstå begrepet spenst, må vi ha en forståelse for grunnleggende mekanikk, og videre forstå forholdet mellom Newtons bevegelseslover, akselerasjon, og forholdet mellom impuls-moment og kraftutvikling (Reiser, Rocheford & Armstrong, 2006). Spenst kan defineres som evnen til å hoppe høyt eller langt (Raastad et al., 2010). Spenst er avhengig av evnen til maksimal kraftutvikling, RFD, muskel-koordinasjon, og evnen til å utnytte strekk- forkortelse syklusen (Hackett et al., 2015).

Newtons andre lov $F=ma \Leftrightarrow a = F/m$ (McGinnis, 2005) gir at et objekt vil akselerere i en bestemt retning av netto ekstern kraft, og akselerasjonen vil være proporsjonal med den eksterne nettokraften, og omvendt proporsjonalt med massen (McGinnis, 2005). Dette betyr at dersom en person kan produsere en større kraft, så vil akselerasjonen øke, gitt at massen forblir det samme (McGinnis, 2005). For individer vil økning i eksplosiv styrke, som følge av tung styrketrening bidra til økt RFD og impuls (Aagaard et al., 2002). Impuls er et produkt av kraft ganger med den tiden kraften virker på en gjenstand eller objekt (McGinnis, 2005). Styrketrening kan bidra til å øke RFD, og dette tillater at en større kraft kan produseres over en gitt tidsperiode (Aagaard, 2003). Dette vil føre til en økning i den genererte impulsen eller redusere tiden det tar for å oppnå samme impuls (Suchomel et al., 2016). Flere studier indikerer at sterkere individer både hopper høyere og sprinter raskere sammenlignet med svakere individer (Suchomel et al., 2016). Dette kan relateres til Newtons 2.lov, som sier at økt kraftutvikling med samme kroppsmasse bidrar til økt akselerasjon (McGinnis, 2005). Økt RFD eller akselerasjon kan bidra til økt spenst eller hurtighet (Suchomel et al., 2016).

1.6 Hurtighet

Power eller effekt (P) kan defineres som størrelsen på et arbeid som blir gjort i løpet av et spesifikt tidsrom, $P = F \cdot s/t$ og har enhetene $N \cdot m/s = \text{watt (W)}$ (McGinnis, 2005; Raastad et al., 2010). I en hurtig bevegelse som for eksempel sprint eller hopp hvor en skal akselerere sin egen kroppsvekt, er evnen til å utvikle stor effekt avgjørende (Raastad et al., 2010). Som formelen for effekt viser, gir økt kraft (F) på kortest mulig tid (t), økt effekt. Det betyr at både maksimal kraft og RFD er med å bestemme størrelsen på effekt.

En raskere idrettsutøver har en åpenbar fordel i avgjørende situasjoner under en kamp fordi dette øker sjansen for å komme til ball, eller forflytte seg inn i åpne rom før en motstander (Kawamori, Nosaka & Newton, 2013). I løpet av en 100 m sprint er det tre ulike faser av hastighetsgenerering: positiv akselerasjon, vedlikehold av maksimum hastighet og negativ akselerasjon (Kawamori et al., 2013; McGinnis, 2005). Den gjennomsnittlige positive akselerasjonsfasen blant håndballspillere, er ca. 30 m med en varighet på ca. 37 sek (Alexander & Boreskie, 1989). Dermed er den positive akselerasjonsevnen spesielt viktig fordi sprintdistansen i håndball er mellom 7-12 m og varer fra 1-3 sek (Kawamori et al., 2013; Iacono et al., 2018; Hermassi et al., 2017).

Det er tre faktorer som er avgjørende for akselerasjonsevnen, gitt at vi tar vekk faktorer som gravitasjonskraften og vindmotstand (Kawamori et al., 2013). Evnen til maksimal kraftutvikling og RFD er bestemmende faktorer for akselerasjonen (Kawamori et al., 2013). I tillegg vil også tekniske komponenter som kraftretning og steglengde være bestemmende faktorer for akselerasjonsevnen i en sprint (McGinnis, 2005). Steglengde er summen av en utøvers evne til å produsere en stor netto impuls med horisontal retning (Kawamori et al., 2013; McGinnis, 2005). Dette er en fordel for å oppnå høy akselerasjon fra stående posisjon (Kawamori et al., 2013; McGinnis, 2005). Økt netto horisontal impuls mot underlaget vil bidra til å øke akselerasjonsevnen i en horisontal bevegelseshastighet, gitt at denne kraften er proporsjonert med kroppsmassen (Kawamori et al., 2013). Høy relativ styrke i forhold til kroppsmassen i strekkapparatet i underekstremiteten, er en avgjørende faktor for spenst (Raastad et al., 2010). Raastad et al (2010) nevner at akselerasjon og spenst er av samme betydning. Dermed kan dette som nevnt tidligere relateres til Newtons 2.lov, som sier at økt kraftutvikling med samme kroppsmasse bidrar til økt akselerasjon (McGinnis, 2005). Økt RFD eller akselerasjon kan bidra til økt spenst eller hurtighet (Suchomel et al., 2016).

1.7 Maksimal mobilisering

Det finnes flere treningsmetoder for å få økt maksimal kraft, RFD, spenst og hurtighet (Raastad et al., 2010). Treningsstatus er med å påvirke hvilke treningsrespons man kan forvente ved styrketrening (Raastad et al., 2010). Potensiale for relativ framgang er større for utrente i forhold til trente individer (Raastad et al., 2010). Ved å gjennomføre tung styrketrening vil det normalt føre til store endringer i både muskelstyrke og muskelmasse (Raastad et al., 2010). Ifølge Aagaard et al (2002) vil tung styrketrening bidra til økt maksimal kraft og RFD. Ved trening av eksplosiv styrke med tunge vekter fra >60% av 1RM med maksimal mobilisering i alle repetisjonene, kan vi regne med å få den samme progresjonen i 1RM i treningsøvelser slik som vi ville fått ved tradisjonell tung styrketrening (Raastad et al., 2010). Videre ser vi også at trening hvor man kombinerer egen kroppsvekt-, og plyometrisk trening kan bidra til økt vertikal hopp høyde (Silva et al., 2019). Det ser ut til at plyometrisk trening kan fremkalle en liten til moderat positiv effekt på spenst, hurtighet og muskelstyrken i underekstremiteten blant aktive friske voksne og idrettsutøvere (Oxfeldt, Overgaard, Hvid & Dalgas, 2019).

1.8 Hvordan kan treningsøvelsene styrkevending og markløft bidra til å øke hurtigheten og spensten hos håndballspillere?

Olympisk vektløfting og tradisjonelt styrkeløft blir ofte blandet om hverandre (Holmberg, 2013). Olympisk vektløfting innebærer øvelsene rykk og støt (Helland et al., 2017). Innenfor olympisk vektløfting er det variasjoner av rykk og støt som ofte blir benyttet for å utvikle effektutviklingen i underekstremiteten (Helland., 2017; Hackett et al., 2015). Styrkevending er en av disse variasjonene, og i denne artikkelen skal vi forholde oss til begrepet styrkevending. Olympisk vektløfting som en treningsmetode kan bidra til økning i flere fysiske variabler blant idrettsutøvere (Hackett et al., 2015). For idrettsutøvere er kraftutviklingen i underekstremiteten en viktig faktor for den idrettslige prestasjonen (Suchomel, Comfort & Stone, 2015). Fordi de fleste idretter krever en eksplosiv utførelse av trippel ekstensjon av hoft-, kne- og ankelledd som oppstår i for eksempel hopp, sprint og løp med retningsforandringer (Suchomel et al., 2015). Hermassi, Schwesig, Aloui, Shephard & Chelly, (2019) gjennomførte en treningsintervensjon på 22 elitehåndballspillere med god erfaring innen moderat styrketrening. Deltakerne gjennomførte økter med vektløfting, og disse øktene innebar fire øvelser; rykk, støt, benkpress og knebøy. Øktene ble gjennomført to ganger i uken i 12 uker. Gruppen som trente vektløfting hadde signifikante forbedringer ($p < 0,05^*$) i variablene CMJ, støt, effektutvikling, sprint 5 m, og sprint 30 m. Funnene fra studien til Hermassi et al (2019) viser at det å trene vektløftingsbaserte øvelser kan gi en stor effekt, og har en god overføringsverdi til andre prestasjonsvariabler for idrettsutøvere.

Tradisjonelt styrkeløft innebærer øvelsene knebøy, benkpress og markløft (Ferland & Comtois, 2019). Det har blitt rapportert funn som viser at trening av tung markløft bidrar til forbedring i eksplosive egenskaper for muskulaturen i kneekstensorene, og -fleksorene (Thompson et al., 2015). Markløft blir sett på som en viktig øvelse for idrettsutøvere som ønsker å forbedre styrken og effektutviklingen (Zweifel, 2017). I studien til Channel & Barfield (2008) gjennomførte de en treningsintervensjon på 27 utøvere i amerikansk fotball med lite treningserfaring innen styrketrening. De delte deltakerne i tre ulike grupper olympisk-, styrkeløft, og kontrollgruppe. Studien viste at både olympisk- og tradisjonell styrketrening er effektive når det gjelder utvikling og forbedring av vertikalt hopp prestasjon (Channel & Barfield, 2008).

1.9 Olympisk Vektløfting

Treningsøvelsene innen vektløfting er en av de mest aksepterte metodene for å forbedre nevro-muskulær kraftutvikling blant idrettsutøvere (Hermassi et al., 2019; Helland et al., 2017; Holmberg, 2013). Tidligere forskning indikerer at vektløftingsbevegelser kan gi en bedre treningstimulus enn tradisjonell styrketrening når det gjelder effektutvikling i underekstremiteten (Suchomel et al., 2015). Dette er fordi bevegelsene innen vektløfting inneholder trippel ekstensjon av hofte-, kne-, og ankelledd (Suchomel et al., 2015).

Den gjennomsnittlige relative effektutviklingen i vektløftingsøvelser inkludert styrkevending er på $34,3 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ for mannlige eliteutøvere (Garhammer, 1993). Arbeidsveien til et støt er på 0,34 m i det første draget, og i det andre draget er arbeidsveien 0,10 m (Garhammer, 1993). Når vi legger sammen første- og andre draget blir det totale draget i en vending 0,44 m (Garhammer, 1993). Denne estimeringen er basert på antropometriske egenskaper for individer mellom 67,5 - 90 kg (Garhammer, 1993). Den maksimale bevegelseshastigheten i draget til en styrkevending er på omtrent $1,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Garhammer, 1993). Dette viser at vektløftingsøvelser kan være nyttig i forhold til prinsippet om spesifisitet for idrettsutøvere, ved at styrkevending innebærer bevegelse i høye hastigheter med stor kraftutvikling og likere leddvinkler med tanke på trippel ekstensjon i underekstremiteten (Raastad., 2010).

Å utføre olympisk vektløfting stiller større tekniske krav sammenlignet med tradisjonell styrketrening (Hackett et al, 2015). Dette kan resultere i andre nevralt tilpasninger (Hackett et al, 2015). Som for eksempel koordinering, evnen til å rekruttere motoriske enheter i de store muskelgruppene, og dette kan bidra til forbedringer i vertikalt hopp sammenlignet med tradisjonell styrketrening (Hackett et al, 2015). Vektløfting kan forbedre prestasjonen i idretter som krever økt eksplosivitet i dynamiske bevegelser (Holmberg, 2013). Øvelsene i vektløfting innebærer en rask akselerasjon mot en motstand gjennom hele bevegelsen (Holmberg, 2013). Dermed innebærer vektløfting raske bevegelser som ofte gir mindre styrkefremgang i forhold til treningsprogrammer med fokus på tunge belastninger (Hermassi et al., 2019). Likevel vil denne treningsmetoden bidra til forbedret RFD, noe som resulterer i at bevegelsene under spill kan utføres enda hurtigere (Hermassi et al., 2019).

Lachlan et al (2019) viser at det er en overføringsverdi fra styrkevending til variabler i idrettslige prestasjoner som for eksempel vertikalt hopp. Treningsadaptasjonen for vektløfting er ulik blant utøvere med variert erfaring innen styrketrening. Utøvere med lite erfaring innen styrketrening har en relativt lav prestasjon i øvelsen styrkevending og har dermed et større potensial til å få forbedringer i løpet av en kort tidsperiode. Overføringsverdien fra styrkevending til ulike idrettslige parametere vil også oppstå for denne gruppen, men overføringsverdien kan bli forsinket når vi sammenligner resultatene med utøvere som har mer treningserfaring og høyere prestasjon i styrkevending (Lachlan et al., 2019). Lachlan et al (2019) formidler at personer med lite erfaring innen styrketrening trenger lengre tid på å tilegne seg adaptasjonen til andre øvelser fra treningen, selv om styrken har økt i øvelsen styrkevending etter en kort periode. Man kan få flere positive idrettsspesifikke treningsadaptasjoner ved å trene vektløfting som for eksempel forbedring av evnen til å akselerere en belastning (seg selv eller en motstander), og ta imot en belastning (blokk eller takling) (Suchomel et al., 2015)

Flere studier har sammenlignet effektutviklingen mellom øvelsene i vektløfting og styrkeløft (O'Shea, 1999; Garhammer, 1993). Resultatene viser at effektutviklingen kan være opptil 400% større i vektløftingsbaserte øvelser, kontra øvelsene i styrkeløft (Garhammer, 1999; Hermassi et al., 2019). For å maksimere prestasjonen, må idrettsutøveren øke styrken i hofte-, kne- og ankelledd, og forbedre hastigheten på kraftutviklingen (Hermassi et al., 2019). Forholdet mellom den høyeste målte effektutviklingen i et vertikalt hopp korrelerer med prestasjon i vektløfting (Carlock et al., 2004). Dette henger sammen med at prestasjonen i et vertikalt hopp i stor grad er avhengig av evnen til kraftutvikling i muskulaturen rundt hofte, kne og ankel, de samme musklene som er involvert i vektløftingsøvelser (Holmberg, 2013). Et vertikalt hopp blir ofte benyttet for å evaluere generell atletisk evne, og det er flere studier som viser at biomekanikken i et hopp og vektløftingsøvelser har mange likheter (Travis, Goodin, Beckham & Bazylar, 2018; Hackett et al., 2015). Det er en sterk korrelasjon mellom prestasjonen i vektløfting og vertikalt hopp både for nasjonale og internasjonale utøvere når dette blir sett i forhold til relativ kroppsvekt (Travis et al., 2018).



Figur 1-1. Styrkevending

Forsøkspersonen begynner i startposisjon og løfter vektstangen fra gulvet til skuldrene opp i en oppreist posisjon, og er i balanse. Hofteleddets skal ikke under parallelt nivå med kneleddet. “The power clean”, 2019 av CrossFit ([bildet er hentet fra Google](#))

1.10 Markløft

Markløft er en flerleddsøvelse som aktiverer flere store muskelgrupper (Camara et al., 2016). Forskning har sammenlignet øvelsen markløft med andre frivektsøvelser, og resultatene viser at individer kan løfte tyngre belastninger i øvelsen markløft sammenlignet med andre øvelser (Camara et al., 2016). For eliteutøvere innen styrkeløft som utfører en markløft er den relative effektutviklingen på $12 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Garhammer, 1993). Arbeidsveien til vektstangen under et markløft avhenger av antropometriske- og tekniske variabler, men den gjennomsnittlige arbeidsveien er på 0,5 m (Garhammer, 1993). Startposisjonen til et markløft og styrkevending er relativt like, men bevegelseshastigheten i draget for de to øvelsene er ulike (Garhammer, 1993). Den gjennomsnittlige maksimale vertikale hastigheten under draget på et markløft er på $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Garhammer, 1993).

Evnen til å løfte tyngre belastninger fremkaller en større stimulus for å tilvenne adaptasjon til maksimal styrke (Camara et al., 2016). Dette gjør øvelsen ideell for forbedring av

muskelstyrke, og bidra til økt effektutvikling (Camara et al., 2016). Det er gjort funn som viser at treningsintervensjon med tung markløft bidrar til økt eksplosive egenskaper for muskulaturen i kneekstorene, og fleksorene (Thompson et al., 2015). Markløft blir sett på som en av de viktigste øvelsene i underekstremiteten for å forbedre styrke og effektutvikling (Zweifel, 2017; Zweifel, Vigotsky, Contreas & Njororai Simiyu, 2017). Laffaye, Wagner & Tombleson (2014) har undersøkt de forskjellige variablene som er avgjørende for å hoppe høyt. De kom frem til at kraftutviklingen i den konsentriske fasen av hoppet, gjennomsnittlig hastighet i den eksentriske fasen, og dybden i sviktet er de viktigste kvalitetene for å bestemme hopp høyde. Zweifel (2017) foreslår markløft som en av de viktigste øvelsene for å forbedre konsentrisk kraftutvikling i underekstremiteten. Dette støttes av Robbins (2011) som konkluderte med at muskelaktivering i topp-posisjonen i et markløft er veldig lik et svikthopp. Videre har Swinton, Lloyd, Keogh, Agouris & Stewart (2014) demonstrert at relativ styrke i markløft er assosiert med raskere sprinthastighet og høyere vertikalt hopp. Forskerne konkluderte med at 90 % av prestasjonen kan forklares med relativ styrke og maksimal kraft i et markløft. I tradisjonelle styrkeøvelser må belastningen bremses opp i siste fase av arbeidsveien, og dette kan virke negativt på kraft-hastighetsprofilen (Suchomel et al., 2015). Eksplosive øvelser innen Olympisk vektløfting er det ikke nødvendig å bremse opp bevegelsen i vektstangen gjennom hele løftet som kan en positiv effekt på kraft-hastighetsprofilen (Suchomel et al., 2015). Ifølge Channel & Barfield (2008) er både olympisk trening og tradisjonell styrketrening effektive for å øke prestasjonen i et vertikalt hopp.



Figur 1-2. Markløft

Forsøkspersonen løfter vektstangen i startposisjon fra gulvet til oppreist posisjon med ekstensjon i ankel-, kne- og hoftledd. “The Deadlift”, 13.05.202 CrossFit. ([bilde er hentet fra Google](#))

1.11 Oppsummering

Kraftutvikling i underekstremiteten er en viktig komponent for en idrettsutøvers generelle prestasjon i idretter som krever fullføring av trippel ekstensjon i (hofte-, kne- og ankelledd) (Suchomel et al., 2015; Garhammer, 1993). Begrepene akselerasjon, spenst, hurtighet og styrke er sterkt tilknyttet til hverandre, og relativ styrke i underekstremiteten er bestemmende faktor for prestasjonen i disse variablene (Raastad et al., 2010). Newtons 2. lov ($F=ma \Leftrightarrow a = F/m$), som viser at positiv endring i kraftutvikling med en uendret kroppsmasse bidrar til økt impuls (McArdle et al., 2015). Ifølge Aagaard et al (2002) vil tung styrketrening slik det er blitt gjennomført i denne studien bidra til både økt maksimal kraft og RFD.

Det maksimale kraftpotensialet til en muskel avhenger av tverrsnittsareal på den gjeldende muskulaturen eller muskelgruppen (Åstrand et al., 2003; Raastad et al, 2010). Kraftpotensialet for eksplosiv styrke vil bestemmes av muskelfibertype-sammensetning, antall sarkomerer i serier, muskelarkitektur, utspring og feste (Åstrand et al., 2003; Raastad, 2010). Evnen til å generere maksimal kraft i løpet av en bevegelse styres ikke alene av muskulaturens morfologi, men også av nervesystemets evne til å aktivere de involverte musklene på en riktig måte (Cormie et al., 2011). I tidlig fase av styrketreningen er det godt dokumentert at nevralt tilpasninger kan bidra til økt kraftproduksjon i muskulaturen (Staron et al., 1994; MacLennan

et al., 2021). Thompson et al (2015) viser at trening av tung markløft bidrar til forbedring i eksplosive egenskaper for muskulaturen i underekstremiteten, og Zweifel (2017) skriver i sin studie at markløft blir sett på som en av de viktigste øvelsene for idrettsutøvere for å øke både maksimal styrke og effektutvikling (Zweifel, 2017).

Forskning indikerer at vektløftingsbevegelser kan gi en bedre treningstimulus for å produsere den største effekten i underekstremiteten, fordi bevegelsene innen vektløfting inneholder trippel ekstensjon av hoft- kne-, og ankelledd (Suchomel et al., 2015). Vertikalt hopp blir ofte brukt for å evaluere generell atletisk evne, og fra et biomekanisk perspektiv er dette hoppet veldig lik øvelsene innen vektløfting (Travis et al., 2018; Hackett et al., 2015). Det er en sterk korrelasjon mellom prestasjonen i vektløfting og vertikalt hopp både for nasjonale og internasjonale utøvere, sett i forhold til relativ kroppsvekt (Travis et al., 2018). I gjennomsnitt blir det produsert $34,3 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ i styrkevending, kontra $12 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ i et markløft (Garhammer, 1993). I tradisjonelle styrkeøvelser må belastningen bremses opp i siste fase av arbeidsveien, og dette kan virke negativt på kraft-hastighetsprofilen (Suchomel et al., 2015). Sammenlignet med eksplosive vektløftingsøvelser hvor det ikke er nødvendig å bremse opp bevegelsen i vektstangen gjennom hele løftet (Suchomel et al., 2015). Ut ifra dette kan det tenkes at vektløfting er bedre egnet som treningsmetode for å utvikle både spenst og hurtighet. Dermed har dette bidratt til problemstillingen i dette studie.

1.12 Problemstilling og hypotese

Hovedformålet med dette intervensjonsstudie var å undersøke hvilken av øvelsene styrkevending og markløft som er mest effektive når det gjelder å utvikle maksimal styrke og -effekt, samt å se på hvordan disse øvelsene påvirker spenst og hurtighet. I forkant av intervensjonen utarbeidet vi hypotesen «styrkevending har størst overføringseffekt på variablene effektutvikling, spenst og hurtighet blant idrettsutøvere»

2.0 Metoder

2.1 Tiltærming til problemstillingen

Hensikten med dette intervensjonsstudie var å undersøke hvilken av treningsøvelsene styrkevending og markløft som er mest effektiv når det gjelder å utvikle maksimal styrke og -effekt, samt se på hvilken overføringsverdi disse treningsøvelsene kan ha opp mot hurtighet og spenst. Håndballspillere i 2.divisjon trente enten styrkevending eller markløft i 7 uker og ble testet i maksimal styrke, spenst og hurtighet før og etter treningsperioden.

2.2 Forsøkspersoner

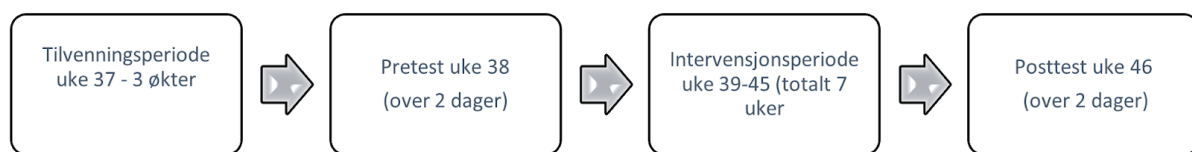
Totalt 13 friske mannlige håndballspillere i 2-divisjon med erfaring innen tradisjonell styrketrening deltok i denne studien. Alder, høyde og vekt er oppgitt i gjennomsnitt og +/- standardavvik for forsøkspersonene; $20,5 \pm 4,5$ år, høyde: $1,86 \pm 6,33$ m, vekt: $86,6 \pm 8,7$ kg.

Forsøkspersonene ble rekruttert av fysisk trener for det gjeldende håndballaget og delt inn i to randomiserte intervensjonsgrupper. For å dele gruppene inn i sine respektive grupper ble det utført tilfeldig loddtrekning ved bruk av navnelapper på papir. Inklusjonskriterer for deltakelse, var friske personer mellom 16 og 50 år (kvinner og menn) som fylte ut egenerklærings skjema om helse (vedlegg nr. 1), og som hadde lyst til – og regnet med å tåle testene og treningen som beskrevet i studien. Grensen for inkludering i datamaterialet var i utgangspunktet en overholdelse på 80% av alle treningsøktene. Alle forsøkspersoner fikk utdelt informasjonsskriv og ga sitt skriftlige samtykke til å delta etter å ha mottatt informasjon om studien (vedlegg nr. 2). Foreldre til deltakere under 18 år, ga også sitt skriftlige samtykke. Studien ble godkjent av veileder fra Universitetet i Sørøst-Norge (USN), fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap, samt- Norsk senter for forskningsdata (NSD). Studien ble gjennomført i samsvar med Helsinki-erklæringsen.

2.3 Metodiske tilpasninger grunnet Covid-19

Grunnet Covid-19 situasjonen var det enkelte forsøkspersoner som ikke nådde opp til 80% gjennomførelse av alle treningsøktene. Covid-19 gjorde at treningsforholdene ble krevende for enkelte ved for eksempel symptomer på sykdom eller sykdom. Dermed besluttet vi at deres datamateriale likevel ble tatt med i analysen for dette studie. Ny grense for krav til gjennomføring er dermed 70%. Totalt tre forsøkspersoner ble skadet under intervensjonen. Skadene skjedde under andre omstendigheter enn selve treningsopplegget. To av tre forsøkspersoner ble tatt ut av datamaterialet.

2.4 Tidslinje for studiet.



Figur 1-3. Tidslinje for studiet.

Forsøkspersonene fikk totalt tre treningsøkter med teknisk innlæring i øvelsene styrkevending og markløft, for å begrense sannsynligheten for at læringseffekt skal påvirke resultatene og for å redusere potensielle skader under intervensjonen. Alle tre øktene ble gjennomført i løpet av 1 uke. Forsøkspersonene gjennomførte pre-test en til to dager før igangsettingen av treningsintervensjonen som varte i totalt 7 uker. Post-test ble gjennomført syv til ti dager etter treningsintervensjonen. Post-testen ble forsinket på grunn av restriksjoner med å leie idrettshall på grunn av covid-19. Alle tester ble gjennomført i Porsgrunnshallen og på Sprek Downtown treningssenter. Testprotokollen for pre- og post-tester var identiske og alle testpersoner ble testet i samme test- og treningsapparater pre og post.

2.5 Testing

Følgende tester ble utført; 30 m sprint, counter movement jump (CMJ), dvs hopp med svikt og uten armsving, og én repetisjon maksimum (1RM) tester i øvelsene knebøy, maksimal effekt i knebøy, styrkevending, og markløft. Det ble også gjort målinger av høyde og kroppsvekt.

Dag én inneholdt 30 m sprint- og CMJ, samt målinger av høyde og kroppsvekt. 30 m sprint test ble gjennomført med fotoceller (Musclelab system, Ergotest Inovation, Porsgrunn, Norway), og målinger ble gjennomført ved 0-, 5-, 10-, 20- og 30 m. Forsøkspersonene ble instruert i å stå med fremste fot 20 cm bak startlinjen i en valgfri startposisjon. Deretter fikk forsøkspersonene instruksjoner av testleder når testen skulle gjennomføres, og ble bedt om å fullføre med maksimal innsats gjennom hele løpet. Forsøkspersonene fikk ett til to prøveforsøk før selve testen var i gang. Forsøkspersonene fikk hovedsakelig tre forsøk på sprint testen, og tre minutter hvile mellom hvert forsøk. Dersom målingene fortsatte å øke ved siste gjennomføring fikk forsøkspersonen enda et forsøk, og beste forsøk ble gjeldende.

CMJ ble gjennomført med lysrør (Musclelab system, Ergotest Inovation, Porsgrunn, Norway). Forsøkspersonene ble instruert til å ha armene plassert på hoftekammen, valgfri svikt dybde og ca. skulderbredde mellom føttene. Forsøkspersonene ble instruert av testleder om å ta et prøvehopp for å bli kjent med bevegelsen. Når testen ble gjennomført, sto forsøkspersonen i midten av begge lysrørene og ventet på klarsignal av testleder om når et hopp kunne bli utført. Øvelsene skulle gjennomføres med maksimal mobilisering i hvert forsøk. Hver forsøksperson hadde tre forsøk med tre minutter hvile mellom hvert forsøk. Dersom hopp høyden økte på det tredje forsøket, fikk forsøkspersonen enda et forsøk. Beste forsøk ble gjeldende.

Ved test dag to ble alle forsøkspersonene testet i knebøy i smithmaskin, styrkevending og markløft.

Knebøy i Smithmaskin (MULTIPOWER - TechnoGym, Cesena, Italia) ble gjennomført med en hastighetssensor (Musclelab system, Ergotest Inovation, Porsgrunn, Norway) festet til vektstangen. Snoren på hastighetssensoren hadde en vertikal bane parallelt med stangens løftebane. Forsøkspersonens fotposisjon ble målt med målebånd. Her ble loddlinjen fra

stangen markert på gulvet, og avstanden fra loddlinjens treffpunkt på gulvet til hver enkelt fot ble målt. Dette ble merket med sportsteip. Dybden for godkjent løft ble registrert når kneleddet oppnådde en fleksjon på 90 grader. Det ble benyttet et A4 ark for å måle vinklene på kneleddet. Deretter ble både topp og bunnposisjon registrert via programvaren Muscledlab for å sikre at det var like stor arbeidsvei på alle løftene. De samme målene ble brukt ved både pre- og posttest. Før igangsetting av testingen fikk forsøkspersonene beskjed om å gjennomføre valgfritt dynamisk oppvarming i ti minutter, og deretter noen enkle løft på knebøy i Smith maskinen med belastninger under 50% av 1RM. Det ble gjort målinger av maksimal effektutvikling ved ulike belastninger på 50%, 60%, 70%, 80% og 100% av forsøkspersonens 1RM. Før disse løftene ble forsøkspersonene instruert av testleder at de skulle fokusere på å senke stangen rolig og kontrollert ned til bunnposisjon og deretter fokusere på maksimal innsats på vei opp i den konsentriske fasen. Forsøkspersonene utførte 10 repetisjoner på 50%, 5 repetisjoner på 60%, 3 repetisjoner på 70%, 1 repetisjon på 80%, og 1 repetisjon på 1RM. Videre fikk forsøkspersonen muligheten til å øke vektbelastningen dersom de hadde mer å gå på, og forsøkspersonene hadde 3 minutter hvile mellom hver serie. Den høyeste effektutviklingen som ble produsert uavhengig av belastning i smith-maskinen ble regnet som den høyeste effektutviklingen til hver enkelt deltaker. Alle prosentene ble regnet ut ifra forsøkspersonens estimerte 1RM.

Styrkevending ble gjennomført med Eleiko vektløfting stang (Eleiko 20 kg XF, Eleiko BeNeLux, Halmstad, Sverige) og Eleiko vektplater (Eleiko Sport Training Plates, Eleiko BeNeLux, Halmstad, Sverige). Et løft ble godkjent når forsøkspersonen løftet vektstangen fra gulvet til skuldrene opp i en oppreist posisjon, og var i balanse. Videre skulle ikke hofteteleddet være lavere enn kneleddet. Forsøkspersonene ble instruert til å ha en frivillig dynamisk oppvarming for 5-10 minutter, før de begynte å varme opp med vektstang. Forsøkspersonene tok på valgfri vekter fram til 50% av estimert 1RM. Ved selve gjennomføring av 1 RM testen ble det utført 10 repetisjoner på 50%, 5 repetisjoner på 60%, 3 repetisjoner på 70%, 1 repetisjon på 80%, og 1 repetisjon på estimert 1RM. Videre fikk forsøkspersonen muligheten til å øke vektbelastningen dersom de hadde mer å gå på, og forsøkspersonene hadde 3 minutter hvile mellom hver serie. Alle prosentene er regnet ut ifra forsøkspersonens estimerte 1RM.

Testing av 1RM Markløft ble gjennomført med det samme utstyret som ble brukt under styrkevending. Forsøkspersonene ble instruert til å ha en frivillig dynamisk oppvarming for 5-10 minutter, før de begynte å varme opp med vektstang. Et løft ble godkjent når forsøkspersonen løftet vektstangen fra gulvet til oppreist posisjon med ekstensjon i ankel-, kne- og hoftledd. Forsøkspersonene tok på valgfri vekter fram til 50% av estimert 1RM. Ved selve gjennomføring 1RM testen ble det utført 10 repetisjoner på 50%, 5 repetisjoner på 60%, 3 repetisjoner på 70%, 1 repetisjon på 80%, og 1 repetisjon på estimert 1RM. Videre fikk forsøkspersonen muligheten til å øke vektbelastningen dersom de hadde mer å gå på, og forsøkspersonene hadde 3 minutter hvile mellom hver serie. Alle prosentene er regnet ut ifra forsøkspersonens estimerte 1RM.

2.6 Treningsintervensjon

I innlæringsfasen fikk forsøkspersonene tre treningsøkter med innlæring av teknikk i øvelsene styrkevending og markløft. Varigheten på disse øktene var i gjennomsnitt én time med 50-50 fordeling på de to ulike øvelsene. I intervensjonsperioden ble det gjennomført tre økter i uken over en tidsperiode på 7 uker. For majoriteten av forsøkspersonene ble én av tre treningsøkter overvåket av fysisk trener gjennom treningsintervensjonen for å sikre tilfredsstillende teknisk utførelse, og at RM belastninger ble opprettholdt. For å sikre at RM belastninger ble opprettholdt fikk forsøkspersonene tilbakemeldinger fra fysisk trener, og de ble oppfordret til å øke belastningen når siste repetisjon virket lite anstrengende.

Forsøkspersonene hadde styrketrening tre ganger i tillegg til annen fysisk aktivitet i uken i sitt opprinnelige treningsopplegg. Både treningsøvelsene styrkevending og markløft eksisterte allerede i forsøkspersonenes treningsplaner. Når forsøkspersonene ble delt inn i sine respektive grupper, ble de instruert om å kutte ut den andre treningsøvelsen i treningsplanen under intervensjonsperioden. Forsøkspersonene ble videre instruert i å utføre treningsøvelsene i treningsintervensjonen som første øvelse på alle styrketreningsdager rett etter oppvarming. Etter gjennomført oppvarming skulle de gjennomføre fire repetisjoner maksimum med tre serier, og pause fra 3-5 minutter. Forsøkspersonene ble instruert i å gjennomføre med maksimal mobilisering i hver repetisjon. Videre skulle vektbelastningen øke dersom de følte at de hadde klart en ekstra repetisjon. Etter fullført gjennomgang av intervensjons øvelsene, skulle de følge deres opprinnelige treningsplan.

2.7 Statistisk analyse

Hele gruppen ble testet for normalfordeling i variablene styrkevending, markløft og knebøy ved bruk av QQ-plot, og Shapiro-Wilk-test. Materialet ble funnet å være normalfordelt og resultatene er derfor oppgitt i gjennomsnitt +/- standard avvik. I analysene av differansen mellom pre- og posttest for hele gruppa ble parret t-test benyttet. For å analysere differansen fra pre- til post-test mellom de to gruppene ble uparret T-test benyttet. Signifikansnivået i alle statistiske tester ble satt til $p < 0,05$ i tohalede tester. Statistiske tester ble gjennomført i Microsoft Excel (Microsoft Corp, Redmond, WA, USA) og Statistical Package for Social Sciences versjon 26 (SPSS, IBM, Chicago IL, USA).

3.0 Resultater

85% av deltakerne gjennomførte intervensjonen. Disse gjennomførte 87,4% av alle intervensjonsøktene. Tabell 1 viser resultatene for hele gruppen. Resultatene viser signifikante forskjeller mellom pre- og post-test for hele gruppen i øvelsene CMJ, sprint 30 m, knebøy og styrkevending. Resterende øvelser viser ingen signifikante forskjeller.

Tabell 1. Maksimal styrke, sprint og effekt resultater for hele gruppen (N=11)

Øvelser	Pre	Post	Δ	P-verdi
CMJ (cm)	40,06 ± 4,48	40,96 ± 4,19	0,9 ± 1,18	0,037*
Sprint 30 m (sek)	4,32 ± 0,17	4,25 ± 0,15	- 0,06 ± 0,08	0,027*
Knebøy (kg)	157,5 ± 23,56	167,25 ± 20,78	9,75 ± 12,37	0,04*
Styrkevending (kg)	75,45 ± 16,16	78,64 ± 18,10	3,18 ± 5,94	0,01*
Markløft (kg)	145,68 ± 24,96	144,77 ± 33,11	-0,91 ± 20,46	0,413
Effekt i knebøy (W)	1355,07 ± 170,76	1362,86 ± 189,68	7,79 ± 103,42	0,64
Sprint 5 m (sek)	1,09 ± 0,04	1,05 ± 0,05	-0,04 ± 0,04	0,08
Kroppsvekt (kg)	86,27 ± 8,23	85,16 ± 7,92	-1,11 ± 0,31	0,08

Verdiene er gjennomsnitt ± SD (standardavvik); CMJ, counter movement jump uten armsving; cm, centimeter; m, meter; sek, sekunder; kg, kilogram; W, watt; Δ, Delta; Pre, pre-test; Post, post-test; *P-verdi <0.05; signifikant forskjell fra pre- til post-test.

Tabell 2. Resultater mellom gruppene

Variabler	Styrkevendingsgruppe (N=5)				Markløfts gruppe (N=6)					
	Pre	Post	Δ	P-verdi	N	Pre	Post	Δ	P-verdi	P-verdi mellom gruppene
CMJ (cm)	41,24 ± 5,88	41,66 ± 5,32	0,42 ± 1,34	0,566	N= 6	39,08 ± 2,43	40,38 ± 2,81	1,3 ± 0,84	0,018*	0,394
Sprint 30 m (sek)	4,3 ± 0,18	4,22 ± 0,13	-0,07 ± 0,07	0,112	N= 6	4,33 ± 0,15	4,28 ± 0,15	-0,05 ± 0,08	0,188	0,476
Knebøy (kg)	165,5 ± 23,26	179,5 ± 17,13	14,00 ± 14,80	0,131	N=5	146,75 ± 22,79	153,75 ± 18,16	-7 ± 4,63	0,20	0,111
Styrkevendning (kg)	86 ± 16,48	93 ± 12,88	7,00 ± 4,85	0,045*	N= 6	68,00 ± 9,41	70 ± 10,49	- 2 ± - 1,08	1,00	0,127
Markløft (kg)	162,5 ± 25,40	166,5 ± 18,68	4,00 ± 18,61	0,69	N= 5	136,00 ± 9,70	140,00 ± 11,40	- 2,00 ± - 1,08	0,294	0,596
Effekt i knebøy (W)	1413,36 ± 179,27	1482,54 ± 184,05	69,18 ± 75,60	0,141	N= 5	1275,53 ± 148,23	1229,15 ± 103,93	46,38 ± 44,25	0,30	0,05*
Sprint 5 m (sek)	1,11 ± 0,04	1,05 ± 0,05	-0,05 ± 0,02	0,006*	N= 6	1,07 ± 0,04	1,05 ± 0,02	-0,03 ± 0,03	0,777	0,35

Tabell 2 viser testresultater for styrkevendning og markløftgruppen hver for seg. Tabellen viser også forskjell mellom de to intervensjonsgruppene. Gjennomføringen av treningsøkter for de to respektive gruppene var 93% for styrkeveningsgruppen, og 83% for markløftsgruppen. Resultatene mellom gruppene viser ingen signifikant forskjell i treningsrespons for CMJ, sprint 30m, knebøy, styrkevendning, markløft, sprint 5 m. Kun maksimal effekt (W) i knebøy gir en signifikant forskjell i treningsrespons mellom gruppene (p= 0,05). I analysen av denne verdien valgte vi å bruke Equal variances not assumed (p=0,05), og ikke Equal variances assumed p=0,03. Dette fordi standardavvik i begge grupper var spesielt høye her, hhv. 75,6 W for styrkevendingsgruppen og 90,2 W for markløftgruppen, og dermed tilsvarende høye verdier for varians.

4.0 Diskusjon

Hovedfunnene i denne studien er at det for hele utvalget ble funnet signifikante forskjeller fra pre- til post-test i CMJ, sprint 30 m, knebøy og styrkevending etter at deltakerne hadde trent 4RM og 3 serier med én treningsfrekvens på tre økter i uken over 7 uker med øvelsene styrkevending eller markløft. Disse øvelsene var et supplement til annen fysisk aktivitet de hadde i sitt opprinnelige treningsopplegg. Resterende variabler viser ingen signifikante forskjeller for hele gruppen fra pre- til post-test; markløft, effekt knebøy og sprint 5 m. Resultatene på gruppenivå viser ingen signifikante forskjeller i endring mellom gruppene i øvelsene CMJ, sprint 30 m, knebøy, styrkevending, markløft og sprint 5 m. Det er ingen signifikante forskjeller i kroppsvekt fra pre- til post-test. Videre viser resultatene mellom gruppene i maksimal effekt knebøy en signifikant forskjell. Når vi ser på endring fra pre- til post-test for hver enkelt gruppe, viser resultatene signifikante endringer på ulike variabler. På gruppenivå, var det i styrkevendingsgruppen signifikante forskjeller fra pre- til post-test i øvelsene styrkevending og sprint 5 m. I markløftsgruppen viser resultatene en signifikant økning fra pre- til post i øvelsen CMJ.

Begge intervensjonsgruppene hadde til felles at de skulle fokusere på maksimal mobilisering i den konsentriske fasen. Ifølge teorien til Behm & Sale (1993) kan vi forvente den samme treningsresponsen så lenge den enkelte mobiliserer maksimalt i konsentrisk fase. Denne teorien kan samsvare med vår studie hvor styrkevending- og markløftsgruppen trener med maksimal mobilisering i ulike belastninger og hastigheter. Resultatet i vår studie mellom gruppene viser ingen forskjell i treningsrespons for de ulike intervensjonsgruppene. Med bakgrunn i våre resultater kan vi ikke si at styrkevending eller markløft er bedre enn den andre når det kommer til treningsrespons på maksimal styrke, spenst, og hurtighet.

Resultatene i dette studiet samsvarer med litteraturen på feltet. Nyere studier viser varierende resultater på hvilken av treningsmetodene som har størst treningseffekt (Helland et al, 2017; Channel & Barfield, 2008; Hermassi et al; 2019; Holmberg, 2013; Hackett et al., 2015). Treningsrespons etter ulike styrketreningsprogrammer kan ha store variasjoner på grunn av ulike valg av øvelser, treningsintensitet, volum, frekvens og rekkefølge (Thompson et al., 2015). Ifølge Lachlan et al (2019) er det en overføringsverdi fra styrkevending til andre ulike

prestasjonsvariabler som for eksempel vertikalt hopp. Treningsadaptasjonen for øvelsene i Olympisk vektløfting er varierende for trente og utrente personer (Lachlan et al., 2019). Det viser seg at utrente har et større potensial for forbedringer i forhold til trente over en gitt periode, men at utrente utøvere trenger en lengre tidsperiode for å adaptere forbedringene i en gitt øvelse, og overføre treningsresponsen til andre prestasjonsvariabler (Lachlan et al., 2019).

Hermassi et al (2019) gjennomførte en treningsintervensjon på elitehåndballspillere. Dette ble gjennomført to ganger i uken i 12 uker. Gruppen som trente Olympisk vektløfting hadde signifikante forbedringer ($p < 0,05$) i variablene CMJ, støt, effektutvikling, sprint- 5 og 30 m. Deltakerne i Olympisk vektløftingsgruppen sine gjennomsnittlige økninger fra pre- til post-test var på 11,7 cm i CMJ, -0,62 sek i 5 m sprint, - 0,33 sek i sprint 30 m, og + 148W i effektutvikling. Funnene fra studien til Hermassi et al (2019) viser at det å trene Olympisk vektløftingsbaserte øvelser gir en stor treningseffekt, og dette har en god overføringsverdi til andre prestasjonsvariabler. Funnene i vår studie kan ikke vise til den samme treningsresponsen for styrkevendingsgruppen. Når vi sammenligner våre resultater med Hermassi et al (2019) sine verdier finner vi kun en gjennomsnittlig økning i CMJ på 0,42 cm, - 0,05 sek i sprint 5 m, - 0,07 sek i sprint 30 m og + 69W i effektutvikling. Variasjoner i resultatene mellom våre studier kan skyldes av flere ulike grunner. Deltakerne i studien til Hermassi et al (2019) var profesjonelle eliteutøvere i topphåndball med mye erfaring innen styrketrening. Nivået på våre utøvere er lavere, og vi kan anta at erfaringen innen styrketrening er mindre. Dermed kan teorien til Lachlan et al (2019) om treningsrespons på trente og utrente muligens bidra til å forklare forskjellene. Selv om vi finner tydelig fremgang i styrke, ville muligens en lengre intervensjonsperiode kunne ført til tydeligere forbedringer i spenst og hurtighet.

Studien til Channel & Barfield (2008) er mest lik vår studie. De fant at både styrkevending- og markløft er effektive når det gjelder utvikling og forbedring av vertikal hopp prestasjon. Deres funn indikerer at Olympisk vektløftingsøvelser er mest effektiv for å øke hopp prestasjonen. De finner en gjennomsnittlig økning i spenst på 2,6 cm fra pre- til post-test for Olympisk vektløftingsgruppen, og 1,1 cm økning i hopp høyde for markløftsgruppen, men disse forskjellene er altså ikke signifikante (Channel & Barfield, 2008). Tilsvarende finner vi en gjennomsnittlig økning i hopp høyde på 0,9 cm for hele gruppen. Styrkevendinggruppen hadde en gjennomsnittlig økning i hopp høyde på 0,42 cm, mens markløftsgruppen hadde en

gjennomsnittlig økning på 1,3 cm, en forskjell som heller ikke er signifikant. På bakgrunn av disse verdiene kan det heller indikere at markløft har en liten fordel når vi sammenligner det opp mot styrkevending i vår studie. Selv om markløftsgruppen har hatt mer enn dobbelt så stor gjennomsnittlig økning i hopp høyde i forhold til styrkevendingsgruppen, så finner vi ingen signifikante endringer når vi ser på p-verdien mellom gruppene.

Før intervensjonsperioden i vår studie, spekulerte vi om en forlenget tilvenningsfase kunne bidra til større forskjeller mellom intervensjonsgruppene. En av de store forskjellene med vår studie sammenlignet med studien til Channel & Barfield (2008) er at de hadde 3 uker lengre tilvenningsperiode enn det vi hadde. En kunne tenke at dette ville bidra til at deltakerne får en bedre nevralt tilpasning. Channel & Barfield (2008) finner imidlertid ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene. Det må også sies at testbatteriet i vår studie var større enn i Channel & Barfield (2008). Selv med et slikt testbatteri finner vi at hverken styrkevending eller markløft er mer effektive enn den andre på de målte variablene. Det kan derfor se ut til en lengre tilvenningsperiode ikke er nødvendig, men at en heller må forlenge varigheten på treningsintervensjonen for å oppnå en ønskelig overføringsverdi.

Lengden på intervensjonen varierer i de studiene vi har valgt å ta med i denne masteravhandlingen. I vår studie hadde vi en 7 ukers intervensjonsperiode, som er 1 uke kortere enn Channel & Barfield (2008), og 5 uker kortere enn Hermassi et al (2019). Hermassi et al (2019) finner signifikante forbedringer i ulike prestasjonsvariabler for gruppen som har trent Olympisk vektløfting. Et slikt funn kan bidra til å stille spørsmål rundt krav til varighet i slike studier utført på Olympisk vektløftingsøvelser, og for at vi videre kan se hvilken påvirkning disse øvelsene har på andre variabler. Med utgangspunkt i Lachlan sin teori, så behøver utøvere med mindre treningserfaring en lengre tidsperiode for å adaptere forbedringene i en gitt øvelse, og deretter overføre treningsresponsen til andre prestasjonsvariabler. Hackett et al (2015) har i sin metaanalyse sett på hvilke effekter Olympisk vektløfting, tradisjonell styrketrening og plyometrisk trening har på vertikalt hopp. I dette metastudie viser funnene bruk av Olympisk vektløfting som treningsmetode er signifikant bedre enn tradisjonell styrketrening. Funnene deres viser at det er få forskjeller i treningsrespons mellom trening av Olympisk vektløfting og plyometrisk trening.

Studier har sammenlignet startposisjonene til markløft og styrkevending, og for begge øvelsene er startposisjonen relativt like (Garhammer, 1993). Arbeidsveien under draget i markløft er 0,5 m og 0,44 m under draget i styrkevending (Garhammer, 1993). Det er stor variasjon mellom hastigheten under draget for de to ulike øvelsene, og i markløft er den gjennomsnittlige maksimale vertikale hastigheten $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ samt $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ under styrkevending (Garhammer, 1993). Bevegelsene i styrkevending inneholder trippel ekstensjon i hofte-, kne- og ankelledd som er gunstig for idrettsspesifikke bevegelser (Suchomel et al., 2015). Forskning har også analysert effektutviklingen under begge øvelsene som er på henholdsvis $34,3 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ i styrkevending og $12 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ i markløft (Garhammer, 1993). Tidligere forskning indikerer at Olympisk vektløftingsbevegelser kan gi en bedre treningstimulus for å produsere stor effekt i underekstremiteten (Suchomel et al., 2015). Det ser ut som at styrkevending er bedre egnet blant idrettsutøvere for å forbedre eksplosive idrettsspesifikke egenskaper som spenst og hurtighet (Suchomel et al., 2015). Vektstangen akselereres gjennom hele bevegelsen. Dette gir en gjennomsnittlig stor hastighet og fører til stor effektproduksjon (Suchomel et al., 2015). Funnene i denne studien viser at det ikke er forskjell på endring for intervensjonsgruppene i variablene i testbatteriet. Ut ifra denne informasjonen var det forventet at gruppen som trente styrkevending skulle få en signifikant forbedret treningsrespons enn markløftsgruppen. Resultatene våre viser at begge øvelsene var like effektive for hele gruppen, og dette kan skyldes relative like startposisjoner. Selv om bevegelseshastigheten og den maksimale effektproduksjonen er betraktelig større i styrkevending, så utgjør ikke dette stor nok endring for å skape forskjell i treningsrespons mellom intervensjonsgruppene i denne studien. Dette tyder igjen på at treningsresponsen i hovedsak skyldes at begge intervensjonsgrupper har utført øvelsene med maksimal mobilisering i konsentrisk fase.

Generelt kan man løfte tyngre belastninger i øvelsen markløft enn i andre styrkeøvelser (Camara et al., 2016). Dette gjør at øvelsen er ideell for forbedring av maksimal styrke, og bidra til økt effektutvikling (Camara et al., 2016). Tidligere funn viser at det er stor andel av akselerasjonsfase gjennom bevegelsesbanen til et markløft som kan favorisere denne øvelsen for å utvikle maksimal styrke og RFD (Camara et al., 2016). Dette stemmer overens med våre funn som viser signifikant økning for hele gruppen i øvelsene CMJ, sprint 30 m, styrkevending, og knebøy. Vår studie støtter derimot ikke at øvelsen markløft bør favoriseres i forhold til andre øvelser. Når vi ser på endring mellom gruppene er det kun maksimal effekt

i knebøy som viser signifikant forskjell i endring mellom gruppene. For markløftsgruppen fant vi en signifikant økning i CMJ, men denne endringen var ikke stor nok til å få en signifikant forskjell i forbedring mellom de to intervensjonsgruppene. Swinton et al (2014) har demonstrert at relativ styrke i markløft er assosiert med raskere sprinthastighet og høyere vertikalt hopp. Han konkluderte med at 90 % av prestasjonen kan forklares med relativ styrke og maksimal kraft i et markløft. Studien vår kan ikke bekrefte teorien til Swinton et al (2014) med tanke på at vi ikke har sett på sammenhengen mellom relativ styrke, og spenst og hurtighet. Funnene våre viser derimot ingen signifikante forbedringer i markløft, og kroppsvekt for hele gruppen. Årsaken til forbedringer i de nevnte egenskapene for våre deltakere kan skyldes økt nevralt tilpasning, og RFD som videre kan ha bidratt til forbedret evnen til akselerasjon ($a=F/m$).

Vi har sett at økning av styrke i begynnelsen av en treningsperiode kan skyldes flere faktorer, som enten økt tverrsnittsareal i muskulaturen eller forbedret nevralt tilpasninger (Narici et al., 1989). I vår studie var det ingen signifikant endring i kroppsvekt fra pre- til post-test. For hele gruppen var det signifikante forbedringer i både knebøy og styrkevending. Dette kan tyde på at hovedgrunnen til styrkefremgangen er forårsaket av nevralt tilpasninger og mindre som følge av økt muskelmasse. Det ble imidlertid ikke utført andre målinger og vi kan dermed ikke med sikkerhet utelukke endringer i deltakernes kroppssammensetning. I vår intervensjon økte deltakerne både evnen til maksimal styrke og effekt, årsaken til dette kan skyldes forbedret nevralt tilpasninger. Ifølge Newtons 2.lov vil økt kraft gi økt akselerasjon gitt at massen er den samme ($a=F/m$). Tung styrketrening slik det er blitt gjennomført i denne studien bidrar til økt maksimal styrke og RFD (Aagard et al., 2002). En slik forbedring av både maksimal styrke og RFD i underekstremiteten er en fordel for håndballspillere som ønsker å produsere størst mulig kraft på kortest mulig tid (Bragazzi et al., 2020). Det må også sies at våre deltakere har trent med fokus på maksimal mobilisering, og Behm & Sale (1993) sine funn viser at trening med maksimal mobilisering kan føre til økt RFD.

5.0 Styrker og svakheter

5.1 Styrker

En styrke ved intervensjonsstudie er at deltakerne hadde en tilvenningsperiode på 1 uke med totalt tre økter med hovedfokus på innlæring av teknikk. I forkant av disse øktene hadde vi delt deltakerne inn i flere små grupper slik at hvert enkelt individ fikk mer veiledning på de to komplekse øvelsene. Totalt var det 11 av 13 deltakere som fikk gjennomført pre- og post-test. Disse deltakerne overholdt inklusjonskriteriet på 70% deltagelse av gjennomførte treningsøkter, disse representerer begge gruppene styrkevendingsgruppen og markløftsgruppen. Selv om det var to deltakere som falt av i løpet av intervensjonsstudie så ser vi på dette som en høy gjennomføringsprosent med tanke på covid-19 situasjonen. De to ulike intervensjonsgruppene fikk kun tildelt en ekstra treningsøvelse i sitt opprinnelige treningsopplegg. Fordelen med dette er at deltakerne kun trenger å forholde seg til en ekstra treningsøvelse, og ikke behøver å endre på hele sitt nåværende treningsprogram. Ved at begge treningsgruppene bare fikk en ekstra øvelse hver, gjør at disse gruppene kan fungere som kontrollgruppe for hverandre. Deltakerne fikk god oppfølging underveis, og en av tre treningsøkter ble overvåket av fysisk trener som kjenner spillerne godt fra før. Dermed fikk deltakerne videre veiledning av teknisk utførelse, konstant påminnelse om å fokusere på maksimal mobilisering og øke belastningen på øvelsene dersom de hadde mer å gå på. Dette intervensjonsstudie inneholdt et stort testbatteri som gir større mulighet for å analysere hvilken overføringseffekt de ulike øvelsene har på de gitte prestasjonsvariablene.

5.1.1 Svakheter

I denne studien er det relativt få deltakere når vi deler de i to grupper. Det gjør at det skal mer til før vi eventuelt ser signifikante endringer mellom gruppene. Selv om antall deltakere var relativt lite, viser resultatene for hele gruppen signifikante endringer fra pre- til post-test. Dette skjer også for to av variablene på gruppenivå. Videre kan den forholdsvis korte varigheten på intervensjonsperioden være en svakhet med tanke på, både størrelsen på treningsresponsen og overføringsverdi mellom de ulike øvelsene. På grunn av usikkerheten rundt Covid-19 situasjonen ble intervensjonsperioden redusert for å øke sannsynligheten for at intervensjonsperioden ble gjennomført. En annen svakhet med denne studien er at

inklusionskriteriene på opprinnelig 80% ble redusert ned til 70% gjennomførelse. Dette er på grunn av at enkelte deltakere ikke kunne trene som planlagt på grunn av Covid-19 situasjonen. Deltakerne hadde ikke tidligere erfaring med testing av 1RM knebøy i smithmaskin. Resultatet av dette var at enkelte deltakere måtte utføre flere serier en antatt, og dette kan muligens ha en påvirkning på de andre testene. Dette studiet hadde ikke kontrollgruppe som ikke ble utsatt for ekstra trening. Formålet med studien var å sammenligne de to ulike treningsgruppene, og ved at treningsgruppene fungerte som en kontroll overfor hverandre bidro dette til at vi kunne svare på problemstillingen. Å ta i bruk en kontrollgruppe hadde vært ideelt dersom vi hadde rekruttert flere deltakere til studien. I praksis fikk vi kun 13 deltakere, og da ble det naturlig å dele disse inn i to ulike intervensjonsgrupper. Frafall fra studien er primært på grunn av akutte skader oppstått på håndballtrening. Én av deltakerne kunne ikke gjennomføre alle post-testene på grunn av smerter i korsryggen. Som nevnt tidligere valgte vi å ta med to av forsøkspersonene selv om de ikke fullførte alle testene. Vi inkluderte disse deltakerne for å bidra til økt statistisk styrke i de ulike variablene som ble testet.

Det er en forskjell mellom styrkevending og markløft med tanke på maksimal effekt i knebøy mellom gruppene ($p=0,05$). I datamaterialet ser vi at det er to som skiller seg kraftig ut (skadet), og dersom vi tar ut disse forsøkspersonene er det ikke forskjell mellom gruppene. Vi valgte å ta med to av forsøkspersonene i studien selv om de ikke klarte å fullføre alle testene. I post-test gjennomførte disse to forsøkspersonene alle testene som ikke skapte smerter i korsryggen. Vi valgte derfor å inkludere disse i resultatene, noe som bidro til en økt statistisk styrke i de ulike variablene som ble testet. Måling av maksimal effekt kan gi upresise resultater. I tradisjonelle styrkeøvelser som for eksempel markløft, knebøy og benkpress vil den siste fasen av arbeidsveien stå for en de-akselerasjon (brems), selv om dette avtar når vektbelastningen øker og nærmer seg 1RM (Suchomel et al., 2015). Vi ser da at ved lavere belastninger må deltakeren i større grad bremse opp i siste fase av løftet for at vektstangen ikke skal lette fra skuldrene til deltakeren. Deltakerne hadde lite erfaring med både testing og trening med knebøy i smithmaskin. Selv om deltakerne fikk instruksjoner om maksimal mobilisering i konsentrisk fase, kan det tenkes at noen ubevisst ikke mobiliserte maksimalt gjennom hele arbeidsveien for å unngå at vektstangen skulle lette fra deltakernes skuldre, og deretter kollidere på skuldrene på vei ned.

5.2 Praktiske implikasjoner og veien videre

I denne studien antyder resultatene at maksimal mobilisering er en avgjørende faktor som kan bidra til økning i styrke, spenst og hurtighet. Det ser ut til at hastigheten på selve bevegelsen er av mindre betydning. Så lenge bevegelsene blir utført med maksimal mobilisering i konsentrisk fase, ses den samme effekten. Det ble funnet signifikante økninger for hele gruppen som tilsier at både markløft og styrkevending kan gi gode forbedringer på prestasjonsvariabler blant idrettsutøvere. Dette funnet gir større mulighet for variasjon i treningen blant toppidrettsutøvere, som er et viktig treningsprinsipp for å fortsette den enkeltes utvikling (Raastad et al., 2010). Videre kan dette også bidra til utvidet handlingsrom blant utøvere som ikke klarer å håndtere trening med tyngre belastninger av ulike årsaker som skade eller har manglende teknikk i de ulike øvelsene. Dermed kan de benytte seg av trening med lette belastninger, og likevel få tilnærmet lik treningsrespons på spenst, hurtighet og styrke. For utøvere med lite treningserfaring eller mosjonister kan styrketrening på tunge belastninger nær 1RM være avskrekkende, og da kan trening med maksimal mobilisering med lettere vekter være et godt alternativ i treningsopplegget. Videre kan et slikt funn bidra til å skape en økt variasjon i en utøvers hverdag, og at den enkelte fortsatt kan trene målrettet mot sine mål gjennom flere ulike treningsmetoder.

Med bakgrunn i Lachlan et al (2019) sin teori om treningsrespons på øvelsene innen Olympisk vektløfting, kan det være interessant å gjennomføre intervensjoner av lengre varighet og gjerne med deltakere med lite treningserfaring. Ønsket om å benytte deltakere med lite treningserfaring er ikke kun for at det er større sannsynlighet for å se endring i treningsrespons. Det er også for å se hvor lang tid det tar før denne treningsresponsen blir overført til både spenst og hurtighet. Vi foreslår dermed at videre forskning på dette emnet gjennomfører en lengre treningsintervensjon, samt og ta i bruk kontrollgrupper. Videre kan det være hensiktsmessig å få flere deltakere med i studien for å se om det er større forskjeller mellom treningsøvelsene opp imot andre prestasjonsvariabler.

6.0 Konklusjon

Tung styrketrening med maksimal mobilisering i øvelsen markløft og styrkevending for håndballspillere, ga økt maksimal kraftutvikling, spenst og hurtighet. Det var ingen forskjell i treningsrespons mellom de to gruppene. Dette kan tyde på at trening med maksimal mobilisering i seg selv er overordna valg av treningsøvelse i dette tilfelle.

7.0 Referanseliste

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318–1326. doi:10.1152/jappphysiol.00283.2002
- Aagaard, P. (2003). Training-Induced Changes in Neural Function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(2), 61–67. doi:10.1097/00003677-200304000-00002
- Alonso-Fernandez, D., Docampo-Blanco, P. & Martinez-Fernandez, J. (2017). Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with nordic hamstring exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 88–94. doi:10.1111/sms.12877
- Alexander, M. J. L. & Boreskie, S. L. (1989). An analysis of fitness and time-motion characteristics of handball. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(1), 76–82. doi:10.1177/036354658901700113
- Behm, D. G. & Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 359–368. doi:10.1152/jappl.1993.74.1.359
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Methenitis, S. K., Selima, E., Veligeas, P. & Terzis, G. (2018). Effects of low volume isometric leg press complex training at two knee angles on force-angle relationship and rate of force development. *European Journal of Sport Science*, 19(3):345-353. doi:10.1080/17461391.2018.1510989
- Bragazzi, N. L., Rouissi, M., Hermassi, S. & Chamari, K. (2020). Resistance Training and Handball Players Isokinetic, Isometric and Maximal Strength, Muscle Power and Throwing Ball Velocity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2663–. doi:10.3390/ijerph17082663
- Camara, K. D., Coburn, J. W., Dunnick, D. D., Brown, L. E., Galpin, A. J. & Costa, P. B. (2016). An Examination of Muscle Activation and Power Characteristics While Performing the Deadlift Exercise With Straight and Hexagonal Barbells. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1183–1188. doi:10.1519/jsc.0000000000001352
- Carlock, J. M., Smith, S. L., Hartman, M. J., Morris, R. M., Ciroslan, D. A., Pierce, K. C., Newton, R. U... Stone, M.H. (2004). The relationship between vertical jump power

- estimates and weightlifting ability: A field-test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 534-9. doi: 10.1519/R-13213.1.
- Channell, B. T. & Barfield, J. P. (2008). Effect of Olympic and Traditional Resistance Training on Vertical Jump Improvement in High School Boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1522–1527. doi:10.1519/jsc.0b013e318181a3d0
- Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2011). Developing Maximal Neuromuscular Power. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. doi:10.2165/11537690-000000000-00000
- CrossFit. (13.05.2021) sist oppdatert. The Deadlift. Hentet fra https://www.google.com/search?q=deadlift+crossfit&tbm=isch&ved=2ahUKEwiDh7nQvMbwAhWL-ioKHcgBDAUQ2-cCegQIABAA&oq=deadlift+crossfit&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECAAQEzIECAAQEzIECAAQEzIGCAAQHhATMggIABAFEB4QEzIICAAQBRAeEBMyCAgAEAUQHhATMggIABAFEB4QEzIICAAQBRAeEBMyCAgAEAgQHhATOgIADoECAAQHIDX0AdY5tgHYIvcB2gAcAB4AYABtAKIAcMHkgEHNi4yLjAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=rAKdYIOBJYv1qwHIg7Ao&bih=760&biw=1536#imgrc=BLlULi9Og7z9ZM
- CrossFit. (2019). The power clean. Hentet fra https://www.google.com/search?q=power+clean&sxsrf=ALeKk01CmQRnmXu1-jfDkySOhelRsRBnng:1620233824668&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjAzsmsgbPwAhXtAhAIHfukAIIQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=760#imgrc=OC_Z1c7JxD3qDM
- Cuthbert, M., Ripley, N., McMahon, J. J., Evans, M., Haff, G. G. & Comfort, P. (2020). The Effect of Nordic Hamstring Exercise Intervention Volume on Eccentric Strength and Muscle Architecture Adaptations: A Systematic Review and Meta-analyses. *Sports Medicine*, 50(1), 83-99. doi:10.1007/s40279-019-01178-7
- Ferland, P.-M. & Comtois, A. S. (2019). Classic Powerlifting Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), S194-S201. doi:10.1519/jsc.0000000000003099
- Frost, D. M., Cronin, J. & Newton, R. U. (2010). A Biomechanical Evaluation of Resistance. *Sports Medicine*, 40(4), 303–326. doi:10.2165/11319420-000000000-00000
- Fukutani, A. & Herzog, W. (2020). Differences in stretch-shortening cycle and residual force enhancement between muscles. *Journal of Biomechanics*, 112, 110040. doi:10.1016/j.jbiomech.2020.110040

- Garhammer, J. (1993). A Review of Power Output Studies of Olympic and Powerlifting: Methodology, Performance Prediction, and Evaluation Tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(2), 76-89
- Gruber, M., Kramer, A., Mulder, E. & Rittweger, J. (2019). The Importance of Impact Loading and the Stretch Shortening Cycle for Spaceflight Countermeasures. *Frontiers in Physiology*, 10, 311 doi:10.3389/fphys.2019.00311
- Hackett, D., Davies, T., Soomro, N. & Halaki, M. (2015). Olympic weightlifting training improves vertical jump height in sportspeople: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), 865–872. doi:10.1136/bjsports-2015-094951
- Hermassi, S., Chelly, M., Fieseler, G., Bartels, T., Schulze, S., Delank, K.S., Shephard, R. & Schwesig, R (2017). Effects of In-Season Explosive Strength Training on Maximal Leg Strength, Jumping, Sprinting, and Intermittent Aerobic Performance in Male Handball Athletes. *Sportverletzung · Sportschaden*, 31(3), 167-173. doi:10.1055/s-0043-103469
- Hermassi, S., Schwesig, R., Aloui, G., Shephard, R. J. & Chelly, M. S. (2019). Effects of Short-Term In-Season Weightlifting Training on the Muscle Strength, Peak Power, Sprint Performance, and Ball-Throwing Velocity of Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(12), 3309–3321. doi:10.1519/JSC.0000000000003068
- Helland, C., Hole, E., Iversen, E., Olsson, M. C., Seynnes, O., Solberg, P. A. & Paulsen, G (2017). Training Strategies to Improve Muscle Power: Is Olympic-style Weightlifting Relevant? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(4), 736–745. doi:10.1249/MSS.0000000000001145
- Holmberg, P. M. (2013). Weightlifting to Improve Volleyball Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 35(2), 79–88. doi:10.1519/ssc.0b013e3182889f47
- Iacono, D. A., Karcher, C. & Michalsik, L. B. (2018). Physical Training in Team Handball. *Handball Sports Medicine*, 521–535. doi:10.1007/978-3-662-55892-8_36
- Kawamori, N., Nosaka, K. & Newton, R. U. (2013). Relationships Between Ground Reaction Impulse and Sprint Acceleration Performance in Team Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 568–573. doi:10.1519/jsc.0b013e318257805a

- Karcher, C. & Buchheit, M. (2014). On-Court Demands of Elite Handball, with Special Reference to Playing Positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797–814. doi:10.1007/s40279-014-0164-z
- Laffaye, G., Wagner, P. P. & Tombleson, T. I. L. (2014). Countermovement Jump Height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 1096–1105.
- Lachlan P, J., Comfort, P., Suchomel, T. J., Kelly, V. G., Beckman, E. M. & Haff, G. G. (2018). The impact of power clean ability and training age on adaptations to weightlifting-style training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(11), 2936-2944. doi:10.1519/JSC.0000000000002534
- MacLennan, R J., Mota, J, A., Thompson, B, J. & Stock, M, S. (2021). Effects of Strength and Conditioning on Maximal Isometric Strength, Motor Unit Behavior, and Concentric Isokinetic Peak Torque in Middle-School Boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0000000000003643
- Manchado, C., Tortosa-Martínez, J., Vila, H., Ferragut, C. & Platen, P. (2013). Performance Factors in Women’s Team Handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719. doi:10.1519/jsc.0b013e3182891535
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N. & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: Physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116. doi:10.1007/s00421-016-3346-6
- McGinnis P. (2005). *Biomechanics of Sport and Exercise*, (2utg). United States of America: Human Kinetics.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. K. (2015). *Exercise Physiology* (8utg.). Baltimore. Lippincott Williams and Wilkins
- Michalsik, L. B., Aagaard, P. & Madsen, K. (2012). Locomotion Characteristics and Match-Induced Impairments in Physical Performance in Male Elite Team Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 590–599. doi:10.1055/s-0032-1329989
- Michalsik, L. B. & Aagaard, P. (2015). Physical demands in elite team handball: comparisons between male and female players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(9):878-91.
- Moore, I. S. (2016). Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports Medicine*, 46(6), 793–807. doi:10.1007/s40279-016-0474-4

- Narici, M. V., Roi, G. S., Landoni, L., Minetti, A. E. & Cerretelli, P. (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 59(4), 310–319. doi:10.1007/bf02388334
- O'Shea P. (1999). Toward an understanding of power. *Strength and Conditioning Journal* 21(5), 34–35.
- Oxfeldt, M., Overgaard, K., Hvid, L. G. & Dalgas, U. (2019). Effects of plyometric training on jumping, sprint performance and lower body muscle strength in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. doi:10.1111/sms.13487
- Qaisar, R., Bhaskaran, S. & Van Remmen, H. (2016). Muscle fiber type diversification during exercise and regeneration. *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 56–67. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2016.03.025
- Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., Moore, I. S. & Lloyd, R. S. (2018). The Influence of Growth and Maturation on Stretch-Shortening Cycle Function in Youth. *Sports Medicine*, 48(1), 57–71. doi:10.1007/s40279-017-0785-0
- Reiser, R. F., Rocheford, E. C. & Armstrong, C. J. (2006). Building a Better Understanding of Basic Mechanical Principles Through Analysis of the Vertical Jump. *Strength and Conditioning Journal*, 28(4), 70–80. doi:10.1519/00126548-200608000-00012
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M. & González-Badillo, J. J. (2017). 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*, 31(1), 196–206. doi:10.1519/jsc.0000000000001476
- Robbins, D. A. (2011). *Comparison of Muscular Activation During the Back Squat and Deadlift to the Countermovement Jump* (Masteroppgave, Sacred Heart University). A Comparison Of Muscular Activation During The Back Squat And Deadlift to the Countermovement Jump (sacredheart.edu)
- Roland, R. R. & Edgerton V. R. (2009). Skeletal Muscle Architecture. In: Binder M.D., Hirokawa N., Windhorst U. (eds) *Encyclopedia of Neuroscience*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_5425
- Rousanoglou, E., Noutsos, K., Bayios, I. & Boudolos, K. (2014). Ground Reaction Forces and Throwing Performance in Elite and Novice Players in Two Types of Handball Shot. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 49–55. doi:10.2478/hukin-2014-0006

- Silva, A. F., Clemente, F. M., Lima, R., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T. & Knechtle, B. (2019). The Effect of Plyometric Training in Volleyball Players: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2960. doi:10.3390/ijerph16162960
- Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, W. J., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, J. E. ... & Hikida, R. S. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 76(3), 1247–1255. doi:10.1152/jappl.1994.76.3.1247
- Suchomel, T. J., Comfort, P. & Stone, M. H. (2015). Weightlifting Pulling Derivatives: Rationale for Implementation and Application. *Sports Medicine*, 45(6), 823–839. doi:10.1007/s40279-015-0314-y
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R. & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: Training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765-785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S. & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. doi:10.1007/s40279-016-0486-0
- Swinton, P. A., Lloyd, R., Keogh, J. W. L., Agouris, I. & Stewart, A. D. (2014). Regression Models of Sprint, Vertical Jump, and Change of Direction Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1839–1848. doi:10.1519/jsc.0000000000000348
- Thompson, B. J., Stock, M. S., Shields, J. E., Luera, M. J., Munayer, I. K., Mota, J. A. ... & Olinghouse, K. D. (2015). Barbell Deadlift Training Increases the Rate of Torque Development and Vertical Jump Performance in Novices. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 1–10. doi:10.1519/jsc.0000000000000691
- Travis, S., Goodin, J., Beckham, G. & Bazyler, C. (2018). Identifying a Test to Monitor Weightlifting Performance in Competitive Male and Female Weightlifters. *Sports*, 6(2), 46. doi:10.3390/sports6020046
- Vikne, H., Strøm, V., Pripp, A. H. & Gjøvaag, T. (2020). Human skeletal muscle fiber type percentage and area after reduced muscle use: A systematic review and metaanalysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(8),1298-1317. doi:10.1111/sms.13675

- Wagner, H., Finkenzeller, H., Würth, S. & Duvillard, S.P.V. (2014). Individual and Team Performance in Team-Handball: A Review. *Journal of Sports Science & Medicine* 13(4), 808–816.
- Wagner, H., Gierlinger, M., Adzamiya, N., Ajayi, S., Bacharach, D. W. & Von Duvillard, S, P. (2017). Specific Physical Training In Elite Male Team Handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3083-3093.
doi:10.1519/JSC.0000000000002094
- Wilson, J. M., Loenneke, J. P., Jo, E., Wilson, G. J., Zourdos, M. C. & Kim, J. S. (2012). The Effects of Endurance, Strength, and Power Training on Muscle Fiber Type Shifting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1724–1729.
doi:10.1519/jsc.0b013e318234eb6f
- Wiegel, P., Centner, C. & Kurz, A. (2019). How motor unit recruitment speed and discharge rates determine the rate of force development. *The Journal of Physiology*, 597(9), 2331–2332. doi:10.1113/jp277894
- Zweifel, M. (2017). Importance of Horizontally Loaded Movements to Sports Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 21–26.
doi:10.1519/ssc.0000000000000272.
- Zweifel, M. B., Vigotsky, A., Contreas, B. & Njororai Simiyu, W. (2017). Effects of 6-week squat, deadlift, or hip thrust training program on speed, power, agility, and strength in experienced lifters: A pilot study. *Journal of Trainology*, 6(1), 13–17.
doi:10.17338/trainology.6.1_13
- Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A. & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of work physiology: Physiological Bases of Exercise* (4utg.). Human Kinetics.

Vedlegg 1.



Egenerklæringskjema om helse

Etternavn:	Fornavn:	Født:
Høyde:	Vekt:	Lag/Forening/Studie:
Telefon:	Telefon Kontaktperson:	

Siden det er første gang du testes ved idrettsfysiologisk testlaboratorium, ber vi deg lese nøye gjennom alle spørsmålene på denne listen. Kryss av enten JA eller NEI for hvert spørsmål.

Dette er viktig i forhold til hvordan vi gjennomfører testingen av deg.

	JA	NEI	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til at du har en hjertesykdom?
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hender det at du får brystmerter i hvile eller i forbindelse med fysisk aktivitet?
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til at du har høyt blodtrykk?
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker du for tiden medisiner for høyt blodtrykk eller hjertesykdom (f.eks vanndrivende tabletter?)
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Røyker du?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker du snus?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til om du har høyt kolesterolnivå i blodet?
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du besvimt siste 6 måneder i forbindelse med fysisk aktivitet?
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hender det at du mister balansen på grunn av svimmelhet?
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du sukkersyke?
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Er du fysisk inaktiv og har et stillesittende arbeid?
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker medisiner fast – mot:
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du eller har du hatt en luftveisinfeksjon i løpet av siste uke?

Jeg/ vi har også lest igjennom forberedelseskjema for testen, og er innforstått med hvordan testen foregår.

Dato

Underskrift

Dato

Underskrift av foresatt dersom testperson
er under 18 år

Vedlegg 2.



Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt (Masteroppgave)

Bakgrunn og hensikt

Dette er en forespørsel til deg og deltagelse i en forskningsstudiet hvor hensikten er å undersøke hvilke av treningsformene styrkevending (Power Clean) og markløft (Deadlift) som er mest effektive med tanke på effektutvikling (Watt), samt å se på hvilken overføringsverdi disse treningsøvelsene kan ha opp mot prestasjonsevnen i ulike idretter.

Det er flere studier som viser at utøvere kan få en økning i effektutvikling etter ulike former for styrketrening, som styrkevending og markløft. Dette kan ha en stor overføringsverdi for prestasjonsevne i variabler avhengig av eksplosivitet, som sprint, hopp, retningsforandringer, og kasteevne.

Hva innebærer studien?

Studien innebærer at du som deltager blir med på et treningsopplegg som varer i 8 uker. Oppstart av intervensjonen starter denne høsten, og når deltakere er på plass. Den første uken vil innebære en tilvenningsperiode for å sikre god nok utførelse av styrkevending og markløft. Etter tilvenningsperioden deles deltakerne inn i to grupper, der den ene gruppen kun skal trene styrkevending og den andre gruppen kun skal trene markløft i de 7 siste ukene av treningsperioden. Det vil være tre treningsøkter per uke denne perioden. Treningen vil bli lagt til som et supplement til eventuell annen fysisk aktivitet i din hverdag. Før etter de siste 7 ukene, vil det bli gjennomført fysiske tester, samt treningsregistrering av både treningsintervensjonen og av din hverdagsaktivitet.

Testprotokoller:

Under studien vil det bli gjennomført en pre- (etter én) og post-test (etter 8 uker). Disse testene skal kunne hjelpe oss å finne svar på hypotesen for studien. Testene innebærer en repetisjon maksimum (1RM) i styrkevendning og markløft, maksimalhopp uten belastning Countermovement jump, knebøy med ulike vektbelastning, med maksimal gjennomføringshastighet i en smithmaskin med hastighetsmåler, og 30 m løps-sprint med fotoceller. Deltakeren får 3-5 forsøk på hver enkelt øvelse. Disse testene blir gjennomført på testlaboratoriet på Universitet i Sørøst-Norge (USN). Testene kan også bli gjennomført på treningsstret/treningshall i nærheten av deltakerne. Tilvenningsfasen og treninger kan gjennomføres på treningsrommet til USN avd. Bø, eller på treningsstret hvor deltakere har tilgang til.

Hvem ønsker vi som deltakere?

Friske personer mellom 16 og 50 år (kvinner og menn) som har fylt ut egenerklæringsskjema om helse (vedlagt) og som har lyst til – og regner med å tåle testene og treningen som beskrevet over.

Mulige fordeler og ulemper

Som deltaker vil du få oppgitt dine personlige testresultater før og etter intervensjonsperioden. Testresultatene kan også være et verdifullt verktøy i ditt selvstendige treningsarbeid. Du vil få opplæring i teknikk i to tekniske komplekse styrke-treningsøvelser, og du vil sannsynligvis bli sterkere. Ulempene kan være fysisk slitsom trening og testing. Gjennomført riktig er skaderisikoen ved disse øvelsene liten, men kan aldri utelukke helt at skader vil kunne oppstå ved maksimal styrketrening.

Hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenning opplysninger. En kode (ID nummer) knytter deg til dine opplysninger og resultater. Dette betyr at opplysningene er aidentifisert. Det er kun personell knyttet til prosjektet som har adgang til kobling mellom ID og navneliste. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres i masteravhandlingene.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen i dette skjema, samt egenerklæringsskjema om helse. Selv om du sier ja til å delta, kan du når som helst trekke tilbake ditt samtykke uten at det får konsekvenser for deg.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver

Deltakerne har rett til å få innsyn i personlige data som registreres. Deltakerne har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom deltakere trekker seg fra studien, kan de kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Kontaktpersoner

Dersom du har spørsmål om prosjektet, kan du ta kontakt med:

Masterstudent Danny Duy Vo, tlf 41216219, e-mail: Danny_vo101@hotmail.com

Masterstudent Dennis Åkre Danielsen, tlf 92662842, e-mail: dennis_m91@hotmail.com

Samtykke til deltakelse i studien.

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)