



# MASTEROPPGAVE

Effekten av fem uker med buldring eller ledklatring på prestasjon og klatre spesifikke tester: en intervensjonsstudie på rekreasjonsklatrere.

*Effects of five weeks of lead or bouldering climbing on performance and climbing specific tests: an intervention study among recreational trained climbers*

**Tor Frithjof Hegard Frøysaker**

Master i idrettsvitenskap

FLKI/Idrett, kosthold og naturfag/Idrettsvitenskap

Atle Hole Sæterbakken og Vegard Albert Vereide

11.06.2020

## Forord

Først og fremst vil jeg gi den største takken til Atle Hole Sæterbakken som har vært den dyktigste, presise og tålmodige veilederen min. Jeg er klar over at de fleste skriver dette, men jeg hadde vært på tynn is hvis ikke det var for Atle. Jeg har lært mye gjennom prosessen og det er grunnet god veiledning. Det er jeg ekstremt takknemlig for.

Videre vil jeg gi en stor takk til Vegard Albert Vereide som har vært en stødig psykolog for meg og hjulpet med god veiledning og kompetanse på feltet. Håper det blir flere kaffesamtaler fremover.

Jeg vil gi en stor takk til alle deltakerne som var meget engasjerte og positive. Setter stor pris på innsatsen og at dere bidro til prosjektet. Datainnsamlingen var veldig artig med en sånn gjeng.

Tusen takk mamma og pappa for god støtte og oppmuntring. Dere fortjener alltid en hyllest.

Til slutt vil jeg gi en ekstra hyllest til Herman Nesse som skrudde alle rutene til prosjektet. Meget takknemlig for at du tok deg tid og bidro til prosjektet.

## Sammendrag

Målet med studien var å sammenligne effekten av ledklatring og buldring i fem uker på klatreprestasjon og klatrespesifikke styrke og utholdenhetstester. En randomisert kontrollstudie (RCT) ble utført for studien. 14 rekreasjonsklatrere (IRCRA  $16,28 \pm 2,58$ ) deltok i studien og ble randomisert i to grupper: buldring og ledklatring. Begge gruppene trente tre økter i uken i fem uker. Deltakerne gjennomførte to spesifikke treningsøkter med fokus på gruppen de ble tildelt, og en vedlikeholds økt fra den motsatte gruppen. Pre og post intervensjon, klatreprestasjonstest ble registrert ved å bruke *highpoint* verdier. Makskraft (PF), gjennomsnittskraft (Favg) og eksplosivitet (RFD) ble målt i en isometrisk pull-up på list og jugs (bøttetak). I tillegg til en fingerutholdenhetstest. **Resultater:** Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene for alle test parameterne ( $p = 0.159-0.992$ ). Innad i gruppene, post test resultater demonstrerte en 14% økning i makskraft på list ( $p = 0,014$ , ES = 1,29), og 17% økning i gjennomsnittskraft på jugs ( $p = 0.029$ , ES = 1.08) for buldregruppen. Ledklatring gruppen hadde en 25% økning i fingerutholdenhetstesten ( $p = 0,020$ , ES = 1,19). For resterende tester var det ingen forskjell innad i gruppene ( $p = 0,063-0,917$ ). **Konklusjon:** Funnene viste ingen forskjell mellom ledklatring og buldre treningsprotokollene. Innad i gruppene, hadde buldregruppen en signifikant økning i makskraft på list og gjennomsnittskraft på jugs. Ledklatring gruppen hadde en signifikant økning på fingerutholdenhetstesten. Basert på klatrerens treningsmål, kan buldring og ledklatring bli brukt for å forbedre prestasjon på klatre spesifikke tester.

## English summary

Training interventions on climbing performance is called up on and limited in the scientific literature. Therefore, the aim of this study was to compare the effects in a 5-week training program focusing on bouldering or lead climbing on climbing performance and climbing specific strength and endurance tests. A randomized control study (RCT) was conducted for the study. Fourteen intermediate to advanced climbers (IRCRA  $16,28 \pm 2,58$ ) participated and were randomized into two groups: bouldering and lead climbing. Both groups trained three sessions a week. The participants performed two specific training sessions focusing on the group climbing discipline and one maintenance session from the other group climbing discipline each week. Pre- and post-intervention, lead climbing and bouldering performance tests were measured using highpoint values. Peak force, average force and rate of force development (RFD) were measured during an isometric pull-up in addition to finger flexor

endurance in an intermittent test to failure. The isometric pull-up was performed on a ledge hold (high finger strength requirements) and on a jug hold (very low finger strength requirements). **Results:** No significant difference were found between the groups for all tests ( $p= 0.159-0.992$ ). Within the group, post testing results demonstrated a 14% increase in Peak force ledge ( $p= 0.014$ ,  $ES= 1.29$ ), and 17% increase in force average jug ( $p= 0.029$ ,  $ES= 1.08$ ) for the bouldering group. For the lead climbing group there was 25% increase for the intermittent forearm muscle endurance test ( $p= 0.020$ ,  $ES= 1.19$ ). Both groups preserved strength and forearm endurance throughout the training intervention. For all other tests there was no significant difference within the groups ( $p=0.063-0.917$ ). **Conclusion:** The study revealed no significant difference between the lead climbing and bouldering training protocol. Within- group comparison, the bouldering group significantly increased maximal finger strength and average force on jugs, while the lead climbing group significantly increased forearm muscle endurance on the intermittent test. Based on the climber's training goal, bouldering and lead climbing can be used to improve climbing specific tests.

## Innhold

Forord.....	2
Sammendrag.....	3
English summary .....	3
1 Teori.....	7
1.1 Innledning.....	7
1.2 Ledklatring .....	7
1.3 Buldring.....	7
1.4 Gradering av klatre og buldreruter .....	8
1.5 Klatretester .....	8
1.5.1 Styrketester .....	8
1.5.2 Utholdenhetstester .....	9
1.5.3 Treningsintervensjoner .....	9
1.6 Prestasjonsbestemmende faktorer.....	10
1.6.1 Kroppssammensetning hos klatrere.....	10
1.6.2 Spesifikk trening .....	11
1.6.3 Finger styrke .....	12
1.6.4 Utholdenhet i klatring .....	13
1.7 Ledklatring vs buldring .....	14
2 Problemstilling og hypoteser.....	16
3 Metode.....	17
3.1 Studie design .....	17
3.2 Utvalg.....	17
3.3 Inklusjons og eksklusjonskriterier .....	18
3.4 Rekruttering.....	18
3.5 Etiske vurderinger .....	18
3.6 Laboratorietester.....	18
3.7 Kroppssammensetning og antropometrisk data.....	19
3.8 Oppvarming.....	19
3.9 Isometrisk test .....	19
3.10 Fingerutholdenhets test .....	21
3.11 Klatreprestasjonstestar .....	22
3.11.1 Buldretest .....	23
3.11.2 Klatretest .....	25
3.12 Treningsprotokoll" .....	27
3.12.1 Oppvarming.....	27

3.12.2 Buldring .....	27
3.12.3 Klatring .....	28
3.13 Selvrappertert treningsstatus .....	29
3.14 Statistikk .....	31
3.15 Referanser .....	32
4 Cover letter.....	35
5 Artikkel .....	36
Abstract .....	36
Introduction.....	37
Material methods.....	38
Study design .....	38
Subjects .....	38
Procedures.....	39
Warm-up .....	40
Isometric pull-up .....	40
Intermittent forearm muscle endurance test .....	42
Bouldering test .....	44
Climbing test.....	47
Training protocol .....	49
Statistical analyses.....	50
Results .....	50
Climbing performance.....	50
Climbing specific tests .....	51
Discussion .....	52
Practical Applications .....	54
Acknowledgements .....	55
References.....	56
6 Retningslinjer for tidsskriftet.....	58
7 Vedlegg.....	61
7.1 Vedlegg 1 .....	61
7.2 Vedlegg 2 .....	61

# 1 Teori

## 1.1 Innledning

Interessen for ledklatring og buldring har økt det siste tiåret. Økende interesse og deltakelse det siste tiåret har ført til at klatring ble OL gren i Tokyo 2020. Disiplinene det skal konkurreres i under OL er ledklatring, buldring og speedklatring. Ledklatring og buldring er de to mest praktiserte disiplinene med 45 millioner klatrere daglig. Innen klatreforskning er det få treningsintervensjoner på klatreprestasjon. Gjennomførte treningsintervensjoner er hovedsakelig på fingerbrett trening. Det er dermed ingen treningsintervensjoner som har undersøkt effekten av ledklatring og buldring. På bakgrunn i dette ville undertegnede se effekten ledklatring og buldring på klatreprestasjon og klatretester hos rekreasjonsklatrere. Videre i oppgaven vil undertegnede kun fokusere på klatredisiplinene ledklatring og buldring.

## 1.2 Ledklatring

Klatring er en populær konkurranse og fritidsaktivitet som kan utføres på naturlige og kunstige vegger, både utendørs og inne. I ledklatring er klatrer og sikrer innbundet i et dynamisk tau og klatrer sikrer tauet i mellomforankringer underveis på ruten for å unngå bakkefall (Orth, Davids, & Seifert, 2016). Denne type klatring er avhengig av en sikrer koblet i en taubrems for å bremse et eventuelt fall eller for nedfiring av ledklatreren. Lengde på klatreruter varierer i forhold til hvor høy vegg er og hvor langt ruten går. Ledklatring i konkurranser utføres vanligvis innendørs på en 12-18m høy vegg med 20-50 klatretak der varigheten er mellom 4-8 minutter (Mermier, Janot, Parker, & Swan, 2000), Gjennomsnittlig kontakt tid på takene er i åtte sekunder (White & Olsen, 2010). Ledklatring er vanligvis utført mer statisk med roligere og kontrollerte bevegelser over en lenger tidsperiode i kontrast til buldring (White & Olsen, 2010). På bakgrunn i dette stiller ledklatring krav til underarms utholdenhet, fingerstyrke og generell overkroppsstyrke (Baláš, Pecha, Martin, & Cochrane, 2012; Fanchini, Violette, Impellizzeri, & Maffiuletti, 2013; Fryer et al., 2017; Grant, Hynes, Whittaker, & Aitchison, 1996; MacLeod et al., 2007; Philippe, Wegst, Müller, Raschner, & Burtscher, 2012)

## 1.3 Buldring

Buldring består av korte og tekniske ruter som er klatret uten tau, men med landingsmatter for sikkerhet. Innendørs brukes vegger på rundt fire meter med korte ruter. Varighet på rutene varierer mellom 30 sekunder opp til 2 minutter avhengig av vanskelighetsgraden (La Torre, Crespi, Serpiello, & Merati, 2009; Phillips, Sassaman, & Smoliga, 2012). Buldring er på stadig mindre og dårligere grep og på brattere vegger som påvirker vanskelighetsgraden og

kravene til finger, arm og overkroppstyrke (Fanchini et al., 2013; White & Olsen, 2010). På bakgrunn av dette stiller buldring større krav til styrke i fingre, armer og overkropp på grunn av tyngre enkelt flytt, dårligere tak og færre flytt enn ved ledklatring. I tillegg stiller buldring krav til hurtig forflytning av tyngdepunktet og hurtig stopp av bevegelser for å unngå pendler. Disse kravene gjenspeiles i at buldrere har bedre maksimal fingerstyrke og hurtigere kraftutvikling i underarmmuskulaturen enn ledklatrere (Fanchini et al., 2013; Stien et al., 2019).

#### 1.4 Gradering av klatre og buldreruter

Klatreruter graderes etter vanskelighetsgrad, hvor lavere tall indikerer lettere ruter. Faktorer som størrelse og form på takene og helning på veggen avgjøre vanskelighetsgraden på klatrerutene (Amca, Vigouroux, Aritan, & Berton, 2012; Baláš et al., 2014; Noé, Quaine, & Martin, 2001; Watts, 2004). Det blir brukt ulike graderingsskalaer avhengig av land. I Norge går skalaen fra 2 og oppover til 9, med + og – på hver grad. Et tall med en – indikerer en lettere grad av tallet, men en + indikerer en vanskeligere grad av tallet. I tillegg er det en fransk sportsklatringsskala, en for USA, en for Storbritannia osv. I buldring er det andre grader som blir brukt for å avgjøre vanskelighetsgraden på et buldreproblem. I Europa blir det hovedsakelig brukt Fontainebleau gradering (fransk) som rangeres fra 1A til 9A (letteste til hardeste). Sammenlignet med den franske sportsklatring graderingen er en buldrerute regnet som mye hardere i forhold til samme gradering på en sportsklatrerute. Eksempelvis er en buldrerute 6a (fontainebleau) en 6c/6c+ i sportsklatring (fransk gradering). For å gjøre det mulig å sammenligne forskning som nytter forskjellige skalaer, har «International Rock Climbing Research Association» (IRCRA) etablert en rapporteringsskala. Denne er numerisk fra 1-32, uten + og -. Det er utviklet konverteringstabeller for de vanligste graderingsskalane (Draper et al., 2015). I klatreforskning er praksisen å bruke IRCRA grad for å standardisere ulike graderingsystemer og gjør det lettere å gjennomføre statistikk på datamateriell.

#### 1.5 Klatretester

##### 1.5.1 Styrketester

Det har blitt brukt ulike målemetoder for å vurdere klatrespesifikk styrke. Spesial lagde apparater har blitt konstruert for å etterligne klatrerelevante fingertupp-kraft utvikling og mønster for mest presis måling av klatreprestasjon. (Grant et al., 1996) brukte en isolert fingerbøyer for fingertupp kraftmåling. Ulempen med målingen var at det ikke var et representativt klatregrep og deltakerne strevde med å utøve maks kraft ved at fingrene var isolert og ikke kunne benytte seg av primære bevegelser. I studien til Stien et al. (2019) ble



kraftutvikling i fingertuppen målt fra hele trekk-apparatet til armen. Dette ble gjort ved at deltakerne utførte en isometrisk pull-up på en 23 mm list hvor et statisk tau festet til en kraftcelle stoppet videre bevegelse med 90 graders vinkel i albueleddet. Fordel med denne målingen er at det aktiverer hele overkroppen, noe som er mer representativt for nøyaktig måling av spesifikk fingerstyrke i klatring.

### 1.5.2 Utholdenhetstester

Dødhengstesten er, per dags dato, testen som har høyeste korrelasjon med klatreprestasjon og utholdenhet (Baláš et al., 2012). I Balas (2012) sin studie på dødhengstesten hengte deltakerne på en 25mm list til utmattelse. Ulempen med testen var at den var mindre egnet på klatrere på et lavere nivå grunnet at gjennomsnittstiden var lav.

I ledklatring jobber fingrene intermitterende ved å veksle mellom takene og flytt. Videre har intermitterent fingerutholdenhetstester blitt utviklet for å etterligne den typiske kontraksjons/restitusjons forholdet i ledklatring. Mer spesifikt, 40% av maks i et 10 sekunder og 3 sekunder forhold (Fryer et al., 2017; S. Fryer et al., 2015; S. M. Fryer et al., 2015; MacLeod et al., 2007), 60% av maks i et 8 sekunder på og 3 sekunder forhold (Baláš et al., 2016; Michailov et al., 2018), og 80% av maks i et 5 sekunder på og 5 sekunder forhold (Vigouroux & Quaine, 2006). Disse intermitterende underarms utholdenhet testene har demonstrert bedre utholdenhet hos ledklatrere i forhold til ikke klatrere, men ingen forskjell mellom klatredisiplinene buldring og ledklatring (Fryer et al., 2017).

### 1.5.3 Treningsintervensjoner

Det er gjennomført få studier med fokus på treningsmetoder og intervensjoner. Treningsintervensjoner som har blitt gjort på klatring er hovedsakelig på fingerbrett for økt fingerstyrke/utholdenhet. For eksempel sammenlignet López-Rivera and González-Badillo (2019) effekten av tre forskjellige fingertreningsprogram på dødheng (maksimal, interval og kombinasjon) på grepsutholdenhet. 26 avanserte sport klatrere (7c+/8a fransk grad) deltok på studien og ble randomisert i tre grupper: maksimal dødheng med maksimal ekstra vekt på en 18 mm list, etterfulgt av maksheng på minimal listdybde; intermitterende dødheng på minste listdybde, og siste gruppe med en kombinasjon av begge. Intervensjonen hadde en varighet på 8 uker. Det ble vist at grepsutholdenheten økte med 34% (ES= 0.6) for gruppen med maksimal dødheng trening, 45% (ES=1) for gruppen med intermitterende dødheng trening og 7% (ES=0.1) for gruppen som kombinerte de to treningsmetodene. Resultatene indikerer både maskimal dødhengs trening og intermitterende dødhengs trening som effektive metoder.

I en studie av Medernach, Kleinöder, and Lötzerich (2015) ble det gjennomført en treningsintervensjon med fokus på fingerbrett trening og hvordan det påvirket grepsstyrken og utholdenheten hos en gruppe konkurransbuldrere. 23 mannlige buldrere (nivå 7b+ fransk grad) var delt inn i to grupper for å delta i en fire ukers lang intervensjon. Den ene gruppen trente fingerbrett tre økter i uken, og den andre trente buldring tre økter i uken. Gruppen som trente fingerbrett fikk fremgang på dynamometer ( $p=0.001$ ), rytmisk-isometrisk utholdenhet ( $p=0.004$ , +29sek) og fingerheng (+5.4-6.7sek). Kontrollgruppen så ikke den samme fremgangen (dynamometer  $p=0.109$ , rytmisk-isometrisk utholdenhet  $p=0.106$  og fingerheng +3.0-3.9sek). Resultatet fra denne studien viser at fingerbrett trening gir større treningseffekt på klatrespesifikke styrketester en buldring. Den store fremgangen i rytmisk-isometrisk utholdenhet viser at fingerbrett trening er en effektiv måte å trene utholdenhet i fingrer for konkurranse-buldrere, ettersom en konkurranse-buldrer i snitt er i kontakt med hvert tak i 8 sekunder (Medernach et al., 2015; White & Olsen, 2010).

De studiene som er gjennomført viser at spesifikk trening har effekt. Hermans, Andersen, and Saeterbakken (2017) viste at en kombinasjon mellom klatrespesifikk styrketrening og klatring gir større fremgang enn bare klatring hos klatrere på de lavere gradene (nivå 4+ til 6b fransk grad). Studien så på forskjellen mellom to treningsprogram for overkropp uten spesifikt fokus på fingre. Det ene treningsprogrammet hadde økter med øvelser utført med høy motstand og få repetisjoner. Det andre programmet hadde lav motstand og mange repetisjoner. De to treningsgruppene trente to ganger i uken med en varighet på 10 uker. Begge treningsprogrammene viste større fremgang enn kontrollgruppen som trente klatring som vanlig (Hermans et al., 2017). Spesifikk styrketrening uten fokus på fingerstyrke kan dermed forbedre klatreprestasjon.

## 1.6 Prestasjonsbestemmende faktorer

### 1.6.1 Kroppssammensetning hos klatrere

Tidligere forskningen har undersøkt kroppssammensetning hos ledklatrere, samtidig gjennomført ulike klatrespesifikke tester (Baláš et al., 2014; Baláš et al., 2012; Watts, 2004; Watts, Martin, & Durtschi, 1993). I en studie av Watts (2004) ble det vist at en typisk ledklatrer på elitenivå (nivå 6b og høyere, fransk grad) er relativt lav med liten kroppsmasse og lav fettprosent. Gjennomsnittlig er en mannlige og kvinnelige eliteklatrere 1.77m og 1.65m høy og veier 67kg og 51kg (Watts et al., 1993).

Det har blitt foreslått at kroppssammensetningen til ledklatrere kan være en faktor for økt klatreprestasjon. I en studie av Baláš et al. (2012) ble det undersøkt trenings karakteristikk, kroppssammensetning, muskulær styrke og utholdenhet blant 205 ledklatrere (136 menn: gjennomsnittsalder 27 år; kroppsmasse 74 kg, høyde 1.79 cm; 69 kvinner: alder 26 år; kroppsmasse 60 kg, høyde 1.69 cm) med et klatrenivå fra nybegynnere til elite nivå. Deltakerne ble testet i grepsstyrke, bøyd-arm heng, finger heng og kroppssammensetning. Den gjennomsnittlige fettprosenten til ledklatrerne ble målt på 4.7% hos menn og 10.7% hos kvinner. Dette er lave verdier i forhold til anbefalte normalverdier hos personer under 30 år (14%-21% hos kvinner og 9%-15% for menn) (Gleeson & Jeukenbrup, 2004). Lav fettprosent er vist å være nært relatert til klatreprestasjon (Giles, Rhodes, & Taunton, 2006; Sheel, 2004; Watts, 2004). På bakgrunn i at ledklatrere har generelt lav vekt og fettprosent er ikke den maksimale styrken stor i forhold til ikke klatrere (Baláš et al., 2012). Derimot, hvis du sammenligner styrke i forhold til vekt (relativ styrke) er ledklatrere sterke. Den relative styrken har vist å ha direkte sammenheng med klatreprestasjon (Baláš et al., 2012; Watts, 2004). En ledklatrer vil ideelt ha så lite unødvendig vekt som mulig uten at det svekker styrken. Dermed oppnå en gunstig balanse mellom kroppsvekt, spesifikk styrke og utholdenhet (Baláš et al., 2014).

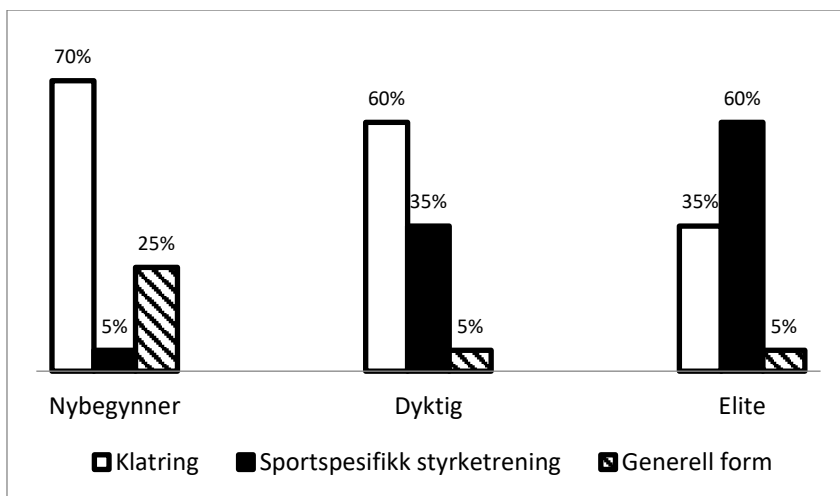
I en studie av Gabriano et al. (2020) ble det sammenlignet fysiologiske og psykologiske forskjeller mellom 18 buldrere ansett som nybegynnere (Nivå 6b Fontainebleau grad) og 14 avanserte buldrere (nivå 7a+ Fontainebleau grad). De avanserte buldrerne hadde signifikant lavere fettprosent i forhold til nybegynner buldrerne ( $12.3 \pm 6.7\%$  vs  $17.5 \pm 6.8\%$ ,  $p < 0.05$ ). I tillegg hadde de avanserte buldrerne høyere grepsstyrke i forhold til relativ kroppsmasse. Deltakerne ble også testet i overkroppsstyrke ved å gjennomføre pull-up. De avanserte buldrerne demonstrerte signifikant høyere verdier av RFD i forhold til nybegynner buldrerne. Høyere nivå buldrere har dermed en bedre kraft i forhold til vekt forhold, som gir dem bedre evne til å generere eksplosive bevegelser (Gabriano et al., 2020).

### 1.6.2 Spesifikk trening

Det har blitt foreslått at klatrespesifikk trening utgjør en stor del av klatreprestasjonen. I studien til Mermier et al. (2000) ble det analysert fysiologiske og antropometriske determinanter av klatreprestasjon. I studien deltok 44 nybegynner til avanserte klatrere (24 menn og 20 kvinner). Deltakerne ble vurdert i bevegelse, antropometriske mål og testet i muskulær utholdenhet, styrke, anaerobisk kraft og to progressive ledrunder (rute 1: fransk grad 4 til 7a+, rute 2: fransk grad 4 til 7c+). Det ble demonstrert at 58.9 %, 0.3 % og 1.8% av

variansen i klatreprestasjon kan bli forklart av trening (styrke, anaerobisk kraft, fettprosent og selvrapportert klatrenivå), antropometriske mål (høyde, masse, armspenn, bein lengde, og forhold mellom armspenn og høyde) og bevegelighet (hoftebevegelse, og klatreerfaring). Den totale partielle R<sup>2</sup> verdien var 0.61, som indikerer 61% av variansen i klatreprestasjon kan redegjøres for ved å kombinere spesifikk trening, antropometriske mål og bevegelighet. Tilsvarende funn viste Baláš et al. (2012) hvor det høyeste nivået oppnådd i ledklatringen ble assosiert med klatrespesifikk trening (elite klatrere: gjennomsnitt 582 høydemeter i uken; nybegynnere klatrere: gjennomsnitt 94 høydemeter i uken).

Horst (2008) har utarbeidet et forslag til treningsfordeling for å øke klatreprestasjon på ulikt ferdighetsnivå (Figur1). Fra figuren kan en se at spesifikk klatretrening blir mer viktig i treningen for å øke klatreprestasjon i takt med økt ferdighetsnivå. Ved å implementere strukturert og spesifikk klatretrening på rekreasjonsklatrere kan muligens bidra til økt klatreprestasjon.



Figur 1. Treningsfordeling ved ulikt ferdighetsnivå

### 1.6.3 Finger styrke

For å generere kraft fra rygg, skulder og arm musklene er tilstrekkelig fingerstyrke nødvendig. Det er dermed generelt akseptert at finger fleksor styrke er en avgjørende faktor for prestasjon i klatring og klatrespesifikke tester, men er vanskelig å måle mot klatreprestasjon (Fanchini et al., 2013; Fryer et al., 2017; Grant et al., 1996). For eksempel demonstrerte Vigouroux, Devise, Cartier, Aubert, and Berton (2019) at mindre klatretak har en negativ påvirkning på kraftutvikling i antall pull-ups til utmattelse blant elite klatrere (nivå 7c til 8b+ fransk grad). I

en studie av Philippe et al. (2012) ble det demonstrert at maximum voluntary contraction (MVC) og styrke til vekt forhold i finger fleksor musklene var større hos 12 elite klatrere (nivå 7b til 9a+ fransk grad) i forhold til ikke klatrere. I tillegg var styrke til vekt forhold av finger fleksor musklene en god indikator på beste on-sight og klatreprestasjon hos elite kvinnelige klatrere (Philippe et al., 2012). Tilsvarende funn ble vist av MacLeod et al. (2007) hvor 11 kompetente klatrere (nivå 7a+ fransk grad) hadde større fingerstyrke, til tross for lavere vekt, i forhold til 9 ikke klatrere. Dette indikerer at finger styrke er en avgjørende faktor for klatreprestasjon og at de som klatrer er sterkere i fingrene enn de som ikke klatrer.

#### 1.6.4 Utholdenhet i klatring

I klatring jobber fingerfleksorene stort sett isometrisk. Isometrisk styrke og utholdenhet spiller stor rolle for en ledklatrer (Watts, 2004). Styrketester utviklet for å måle klatrestyrke måler den isometriske styrken i underarmen. Dette er som følge av finger og fingerfleksorene har en statisk posisjon på de forskjellige klatretakene (Baláš et al., 2012; Kalland, 2015; Philippe et al., 2012; Watts, 2004). Isometrisk utholdenhet kan målest gjennom fingerheng på list, med prestasjon målt i hengetid på list (Baláš et al., 2012). Ved måling av rytmisk-isometrisk arbeid i underarmene er metoden annerledes. Den er blitt målt på et spesiallaget apparat som støtter opp underarmen ved håndleddet og albueleddet. Funnene viste at utholdenhet til klatrere på elitenivå var dobbelt så stort som ikke klatrere (Ferguson & Brown, 1997). Testen ble gjennomført med fem sekunder arbeid og to sekunder pause til utmattelse ved 40% av maksimal belastning. Dette etterligner den vekslende belastningen klatring gir på musklene.

Tilsvarende funn ble vist i en studie av MacLeod et al. (2007) hvor finger utholdenhet var bedre hos 11 kompetente klatrere (nivå 7a+ fransk grad) i en utholdenhetstest i forhold til 9 ikke klatrere. Deltakerne ble testet på tre forskjellige tidspunkt som innebærte maksimal sammentrekning og to isometriske utholdenhetstester. Testene ble utført på et klatrespesifikt apparat for å simulere mekaniske forhold i klatring. De fant en positiv sammenheng mellom endringer i muskelblod oksygen i pause fasen og arbeidstiden ( $R^2 = 41.1\%$ ) i intermittert testen. De konkluderte med at evnen til å restituere seg raskt i pause fasen er en god indikator av muskel utholdenhet i klatring. Tilsvarende funn ble også vist av Philippe et al. (2012) hvor finger fleksor utholdenhet var bedre hos 12 elite klatrere i forhold til 12 ikke klatrere. Denne fordelene var assosiert med raskere restitusjon i hvile fasene mellom isometriske kontraksjoner og kan være et resultat av spesifikk trening over lenger tid. Blant 16 høyere nivå klatrere (8 kvinner nivå 7a fransk grad og 8 menn nivå 8a fransk grad) ble det vist av España-Romero et al. (2009) at elite klatrere hadde lenger tid til utmattelse enn ekspert gruppen. Deltakerne ble

testet i bevegelighet, håndgripsstyrke og utholdenhet, og en klatrespesifikk test som målte kardiorespiratorisk kondisjon. Deltakerne klatret på en vertikal klatreergometer som gikk rundt på et beltebånd med tilfeldige klatretak. Farten på beltebåndet økte underveis og deltakerne klatret til utmattelse. Oksygenforbruket til deltakerne ble målt via en bærbar gassmaske, i tillegg ble blod laktatet målt minuttet etter endt test. Dette tyder på at ledklatrere har bedre utviklet kapillærnett i underarmene i tillegg til at elite klatrere klarer å opprettholde lenger tid til utmattelse.

### 1.7 Ledklatring vs buldring

Både ledklatring og buldring har vokst betydelig de siste to tiårene, likevel har majoriteten av litteraturen fokusert på ledklatring (Kodejska, Michailov, & Baláš, 2015). Tidligere studier som sammenligner ledklatrere og buldrere har vært begrenset av få testparametere som hovedsakelig fokuserer på fingerfleksorene.

Evnen til å utgjøre hurtig kraft har blitt foreslått som en avgjørende komponent for klatreprestasjonen, og spesielt i buldring (Levernier & Laffaye, 2019a, 2019b; Watts, 2004). For eksempel viste Fanchini et al. (2013) at 10 avanserte buldrere (nivå 7b til 8a fransk grad) hadde større maksimal kraft (MVC) og eksplosivitet (RFD) i forhold til 10 avanserte og elite ledklatrere (nivå 7c+ til 8c fransk grad). I studien ble deltakerne delt inn i 3 grupper: buldrere (n=10), ledklatrere (n=10) og ikke klatrere (n=10). Deltakerne ble testet i MVC og RFD på to type tak: krimp, hvor tommelen er i kontakt med pekefingeren, og åpen krimp, tommelen er ikke i kontakt med fingre. Buldrerne og ledklatrerne var sterkere enn ikke klatrerne, men MVC og RFD var større hos buldrerne i forhold til ledklatrerne ( $p < 0.05$ ) i begge grepsstypene. RFD variabelen var den største forskjellen mellom buldrerne og ledklatrerne (34%-38%). Dette kan indikere at buldring stiller større krav til MVC og RFD i forhold til ledklatring.

Tilsvarende funn viste Stien et al. (2019) som sammenlignet klatrespesifikk styrke og utholdenhet mellom 15 ledklatrere (nivå 20 IRCRA skala) og 16 buldrere (nivå 17 IRCRA skala). Deltakerne ble testet i MVC, gjennomsnittskraft og RFD ved å utføre en isometrisk pull-up. Gjennomsnittskraft ble registrert ved å utføre en dynamisk pull-up, og finger fleksor utholdenhet ble registrert i en intermitterende test til utmattelse. Den isometriske pull-upen var utført på en 22mm list og på jugs (bøttetak). Buldrerne hadde høyere maksimal og eksplosiv styrke i alle styrke og kraft målinger enn ledklatrerne (26.2%-52.9%,  $ES = 0.90-1.12$ ,  $p = 0.006-0.023$ ). Registrert styrke ble assosiert med buldringsytelse i større grad enn ledklatring, noe som bekreftet den større viktigheten av fingerfleksstyrke i buldring. Videre

var det ingen forskjell mellom buldrere og ledklatrere når det kom til finger fleksor utholdenhet ( $p=0.290-0.996$ ) (Stien et al., 2019). Dette kommer nok av lite utvalg og lite erfaring med intermittent test. Det er generelt lite forskning på utholdenhet mellom buldring og ledklatring.

Levernier, Samozino, and Laffaye (2020) målte krafthastighet i form av pull ups blant 11 elite buldrere (nivå 28 IRCRA skala), 8 ledklatrere (nivå 27 IRCRA skala) og 5 speedklatrere (nivå 6.28 sekunder på speedveggen). Deltakerne utførte to pull-ups på forskjellige prosent av kroppsmassen (0%, 30%, 45%, 60% og 70%) med totalt 10 pull-ups. De forskjellige belastningene ble utført i tilfeldig rekkefølge. Det ble påvist at elite buldrere utførte signifikant høyere makskraft (+22.30% og +26.29%), gjennomsnittskraft (+23.49% og +25.35%) og teoretisk maksimal hastighet (+23.92% og +21.53%) i forhold til ledklatrerne og speedklatrerne. Buldrerne klatre å produsere høy ekstern kraft og kapasitet til å opprettholde høy kraft (Levernier et al., 2020).

Som nevnt stilles det større krav til eksplosiv og økt fingerstyrke i buldring. I tillegg tyder det på at det ikke er noe forskjell i finger utholdenhet mellom disiplinene (Stien et al., 2019). Likevel har studier som har sammenlignet ledklatrere og buldrere vært tversnittstudier på avanserte til elite nivå utøvere. I tillegg er treningsintervensjoner som er gjennomført blitt gjort hovedsakelig på fingerbrett trening. Vi vet derfor lite eller ingenting om hva som vil skje med klatreprestasjonen ved å trene ledklatring eller buldring spesifikt, samtidig som en driver vedlikehold av motsatt klatredisiplin. Med bakgrunn i dette, har undertegnede lagt opp en treningsplan på 5 uker innenfor disiplinene buldring og ledklatring for å undersøke hvordan dette påvirker klatreprestasjonen i praksis og spesifikke klatre tester.

## 2 Problemstilling og hypoteser

Hvilken effekt har fem uker med buldring eller ledklatring på prestasjon og klatre spesifikke tester blant rekreasjonsklatrere?

**Hypotese 1:** Buldregruppen demonstrerer større maksstyrke (MVC), eksplosivitet (RFD) og bedre klatreprestasjonsresultater på buldretesten.

**Hypotese 2:** Ledklatring gruppen demonstrerer større verdier på fingerutholdenhetstesten og bedre klatreprestasjonsresultater på klatretesten.



## 3 Metode

### 3.1 Studie design

Studiet var et eksperimentell studie med et randomisert kontrollert studiedesign (RCT).

Deltakerne ble randomisert ved loddtrekning i to grupper: buldring og ledklatring. Begge gruppene gjennomførte klatrespesifikk trening tre ganger i uken. Buldregruppen gjennomførte to buldreøkter og en tauøkt i uken i fem uker. Ledklatregruppen gjennomførte to klatreøkter og en buldreøkt hver uke i fem uker. Alle deltakerne ble testet pre og post intervensjonen i kroppssammensetning, maksimal og eksplosiv styrke på list og jugog utholdende fingerstyrke i en økt. I tillegg ble deltakerne testet på tre buldreruter og en taurute 1-5 dager etter styrkelaboratoriumstestene.

### 3.2 Utvalg

Totalt ble 3 kvinner og 13 menn rekruttert bestående av rekreasjonsklatrere. Alle forsøkspersoner (FP) ga skriftlig informert samtykke til å delta (vedlegg 1). To deltakerne oppfylte ikke ønsket kriterier. Deltakerne måtte trekke seg fra studiet grunnet sykdom og studiepraksis. Totalt var det 14 deltakere (7 buldring og 7 ledklatring) som fullførte begge målingene og ble tatt med i analysene (tabell 1).

Tabell 1. Deskriptive data fra deltakerne i begge gruppene ved pre-test. All data er gjennomsnitt  $\pm$  standard avvik. Det var ingen forskjell mellom gruppene for alle variablene.

	Ledklatre gruppe (6 Menn, 1 kvinne)	Buldre gruppe (5 menn, 2 kvinner)
<b>Alder (år)</b>	28,7 $\pm$ 8,2	27,2 $\pm$ 5,9
<b>Høyde (cm)</b>	177,7 $\pm$ 6	173,7 $\pm$ 5,1
<b>Vekt (kg)*</b>	70,2 $\pm$ 5,9	65,8 $\pm$ 7,4
<b>Fett (%)*</b>	13,1 $\pm$ 3,4	14,5 $\pm$ 2,1
<b>fett fri masse (%)*</b>	86,8 $\pm$ 3,4	85,4 $\pm$ 2,1
<b>Klatreerfaring (år)</b>	7,7 $\pm$ 9,3	5 $\pm$ 3
<b>Ukentlig klatreøkter</b>	3,4 $\pm$ 0,5	3,3 $\pm$ 1
<b>Red-point (IRCRA)</b>	17,5 $\pm$ 2,6	15 $\pm$ 1,5

\*=målt med Tanita (Tanita MC 780MA S, Tokyo, Japan).

### 3.3 Inklusjons og eksklusjonskriterier

For å bli inkludert i studien, måtte deltakerne oppfylle følgende kriterier: 1) Være over 18 år, 2) ha et klatrenivå tilsvarende redpoint grad 6+ for kvinner og 7- for menn (norsk grad), 3) ikke ha skade- og/eller smerter som gjorde at deltakerne unnlot å gjennomføre testingen med maksimal innsats, 4) skadefri de siste 6 månedene 5) ikke nyte alkohol 48 timer før testdagen og 6) minimum 80% gjennomføring av treningsøktene.

Deltakerne ble ekskludert fra studien hvis: deltakerne var under 18 år; hadde et klatrenivå under 6+ for kvinner og 7- for menn (red-point); oppsto en skade; klatret prestasjonsrutene (ledrute og buldrerutene) utenom planlagt tidspunkt for testing; nøyte alkohol 48 timer før testdagen; ikke gjennomførte 80% av treningsøktene.

### 3.4 Rekruttering

Deltakerne i studien ble rekruttert gjennom sosiale medier (facebook), Høgskolen på Vestlandet (Sogndal) og gjennom venner og bekjente i perioden oktober-januar 2019/20. Alle som viste interesse og oppfylte inklusjonskriteriene fikk tilbud om å delta i studien.

### 3.5 Etiske vurderinger

Alt datamateriale ble etter innsamling gjort anonymt og det var bare prosjektlederne som kunne identifisere deltakerne. Informasjon om studien og innholdet i testene ble gitt både muntlig og skriftlig til alle deltakerne. Alle deltakerne leverte skriftlig samtykke til deltaking i studien (vedlegg). Deltakerne kunne også trekke seg fra studien når som helst uten å oppgi grunn. Prosjektet var godkjentskrivet av NSD (252152).

### 3.6 Laboratorietester

All testing ble gjennomført på styrkelaboratoriet og klatreanlegget til Sogndal Klatresenter. Før pre testing, ble deltakerne informert om studiets innhold og hva det innebærer. Alle deltakere ble bedt om å unngå tung trening som belastet overkropp og fingermuskler 48 timer før testing. Når deltakerne møtte opp til testing ble det først gjort et kort intervju hvor det ble spurt om alder, klatreerfaring, klatrenivå og treningsbakgrunn (vedlegg) etterfulgt av kroppssammensetning før deltakerne varmet opp i 15 min i klatrehallen. Testene i styrkelaboratoriet var makskraft (PF), eksplosivitet (RFD) og gjennomsnittskraft (favg) på list og jugs. Rekkefølgen på testene var ikke randomisert, og fulgte følgende prosedyre: tre forsøk på list, etterfulgt av tre forsøk på jugs og deretter fingerutholdenhets testen (intermittent test).

### 3.7 Kroppssammensetning og antropometrisk data

Kroppssammensetning og kroppsmasse ble målt ved bruk av en bioelektrisk impedanseskala (Tanita MC 780MA S, Tokyo, Japan) hvor forsøkspersonene hadde på seg lett bekledding og ingen sko. Apparatet ble brukt i standard modus, med 400 gram trukket av for klær.

Kroppshøyden ble målt ved bruk av en vegg montert målebånd. Det ble målt vekt, fettfri prosent, fettfri masse, veskebalanse, basalforbrenning og BMI.

### 3.8 Oppvarming

Før både testene i styrkelaboratoriet og klatrehallen, ble deltakerne sendt til klatreveggen på campus Sogndal med 15 minutters disposisjon. Deltakerne ble anbefalt å starte med generell oppvarming på gode tak, deretter gradvis øke belastningen for å bli ordentlig varm. Samme oppvarming ble gjort for post test og før hver treningsøkt.

### 3.9 Isometrisk test

For å kunne gjøre målinger i overkropp og fingre hos deltakerne i forhold til klatreprestasjon ble Stien et al. (2019) og Saeterbakken et al. (2020) sin metode brukt. Det ble brukt en 23 mm og 43 cm brei Metolius wood grip list og Beastmaker 1000 jugs. Kraften ble målt via en kraftcelle (Ergotest Innovation A / S, Porsgrunn, Norge) som var festet til gulvet og til en modifisert klatresele via et justerbart statisk tau (fig 2). Deltakerne ble bedt om å utføre en pull-up hengende på en list med en åpen krimp (ingen tommel tillatt). Tauets lengde ble justert slik at deltakernes albue- og skulderledd var 90 grader (målt med et goniometer). Vinkelen ble alltid kontrollert før testen starter. Kraftutgangen blir beregnet som kraft generert samt klatrerens kroppsvekt. Testen starter med at deltakerne utførte en pull-up til tauet stopper videre bevegelse. Denne stillingen blir opprettholdt i kort periode (0,5-1,0 sekunder) før deltakerne fortsetter opptrekkingen med maksimal kraft (fig 2). Prosjektleder ga muntlig melding om når opptrekkingen skal foregå. Den maksimale kraften blir opprettholdt i minimum to sekunder. Tre kraftderivater ble målt i hvert forsøk: 1) makskraft (PF) 2) gjennomsnittskraft (Favg) og 3) eksplosivitet (RFD). Deltakerne fikk 3 forsøk med 2 minutters pause mellom forsøkene, hvor det beste forsøket ble tatt med i videre analyse. Etter gjennomføringen på list, fikk deltakerne tre minutters pause før de skulle gjennomføre identisk test på jugs (Fig 2). Det beste forsøket av 3 ble tatt med i videre analyse.

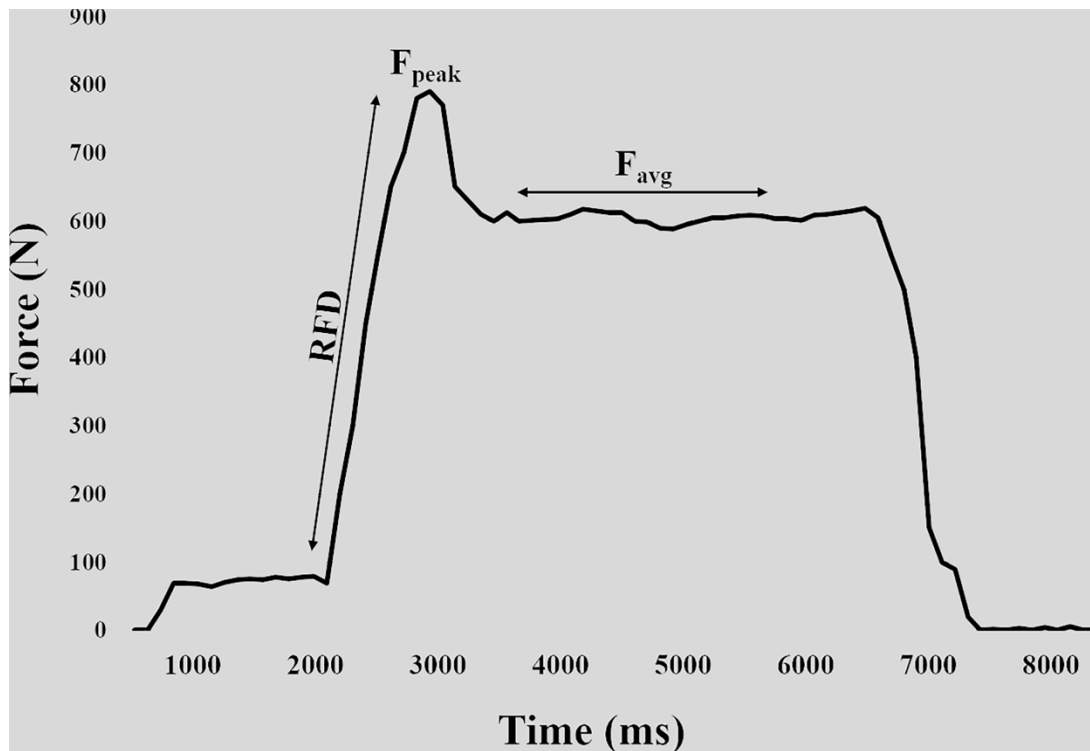


Figur 2: Grep og posisjon på jug.

*Deltakerne ble spent fast i kraftcelle i bakken via en statisk justerbar slynge i hoftebelte. Når tauet ble stramt var albueleddet 90 grader. Deltakerne fikk ikke lov til å «kippe» i hoften, men henge loddrett som vist på bilde. Kraftcellen var festet i bakken via en bolt. En kjele ble plassert over kraftcellen og holdt stående med en karabin i toppen. Den hadde som funksjon å holde vekten og posisjonen til kraftcellen nøytral for deltakerne. Testen ble utført likt på jug og list. Foto: Kristoffer Hansen*

Maksimalkraft ( $F_{peak}$ ), eksplosivitet (RFD) og gjennomsnittskraften ( $F_{avg}$ ) ble målt i samme forsøk (figur 3). Den første maksimale kraften blir beregnet som den høyeste kraften generert. Etter den første toppen blir den maksimale kraften opprettholdt. Den maksimale sammentrekningskraften ( $F_{avg}$ ) blir beregnet som den største gjennomsnittlige kraftutgangen over et 2 sekunders vindu etter toppstyrken. RFD blir beregnet fra starten av kraftgenerering til maksimalkraften (figur 3). For å beregne og identifisere disse forskjellige perioder, blir programvareversjon 10.5 fra Ergotest Innovation A / S (Porsgrunn, Norge) brukt.

Kriteriene for en godkjent måling var at: kraftsensoren viste nok kraft før akselerasjon mot makskraften; RFD droppen ikke gikk i 0 N; RFD er PF-kraftstart/tids differansen; gjennomsnittskraften skjer innenfor 2 sekunder, etter PF, der kraftkurven er jevnest (Figur 1).



Figur 3. Illustrasjon av kraftkurve. Markeringer indikerer Rate of force development (RFD, Force peak (FP) og force average (Favg).

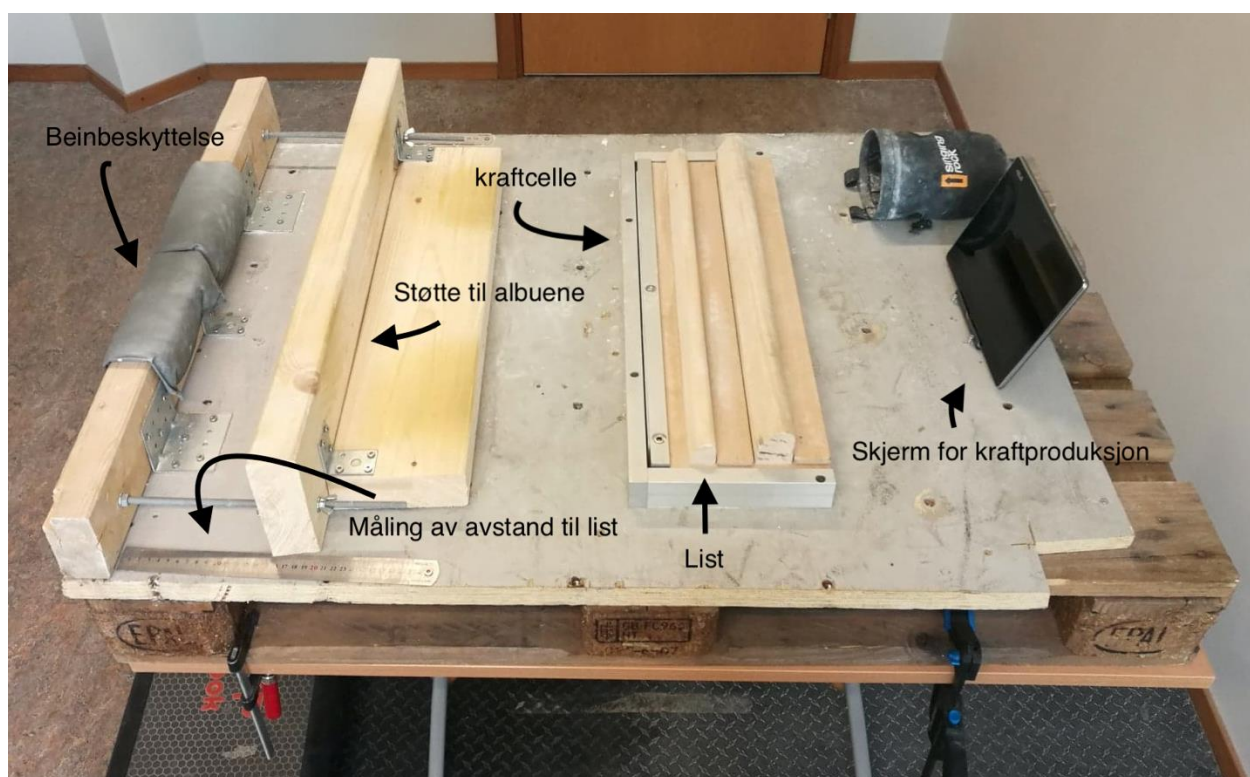
### 3.10 Fingerutholdenhets test

Utholdenhetstesten ble utført med 90 graders vinkel i albue. Deltakerne brukte et åpent krympehåndtak (uten å bruke tommelen) på en 23 mm list som ble brukt i isometriske testene. Listen blir festet til en tilpasset fingertrenings stativ. Et spesialbygd fingerbrett med integrert kraftcelle målte deltakernes fingerbøyningskraft. For å unngå bevegelse i albue (dvs å bruke bakmuskulaturene for å generere kraft), ble en plate plassert mellom albue og bukregionen (Fig 4).

Avstanden fra platen og listen blir individuelt justert slik at bare ytre fingerledd når listen. Samme individuelle tilpasninger blir brukt for pre og posttest. Når tilpasningene ble gjort, gjennomførte deltakerne to maksimale sammentreknings som varte 3-5 sekunder og pause i 1 minutt. Den gjennomsnittlige kraften over et to sekunder-vindu ble brukt som klatrerens maksimale fingerstyrke (stien et al. 2019, saeterbakken et al. 2020). Under utholdenhetstesten måtte deltakerne generere minimum 57% av den maksimale fingerstyrken i arbeidstiden. Arbeidstiden var i syv sekunder og blir fulgt av tre sekunder hvile (7: 3 forhold) (White and

Olsen, 2010). Hvis deltakerne genererte mindre enn 57% av maksimal fingerstyrke over et sekunders vindu, ble testen avsluttet (Medernach et al., 2015). En skjerm plassert foran deltakerne viste kraftproduksjon, pauser og repetisjoner.

Terskelen (57% av maksimal) blir merket som en horisontal linje på skjermen. Beastmaker-applikasjonen (Beastmaker 1000) blir brukt til å informere klatrere om pause og sammentrekningsstidspunkter. I tillegg utførte testledere muntlige instruksjoner (dvs. telle ned). Den totale arbeidstiden til utmattelse (dvs. pausene var ikke inkludert) blir brukt i videre analyser (Medernach et al., 2015).



Figur 4. Test-apparatet for finger utholdenhetstest. Deltakerne utførte testen stående med 90 graders vinkel i albue og ytre fingerledd nådde listen.

### 3.11 Klatreprestasjonstestar

1-5 dager etter styrkelaboratoriumstestene skulle deltakerne bli testet i 3 buldreruter, etterfulgt av en ledklatrerute. Deltakerne fikk først innføring i hva testene innebærte før selve testingen. Deretter fikk deltakerne 15 minutters oppvarming. Etter oppvarming startet deltakerne med buldretesten, etterfulgt av klatretesten med 10 minutters pause. Det ble randomisert hvilken buldrerute de starter med. De blir referert til som buldrerute en, buldrerute to og buldrerute

tre. Deltakerne vil få 5 minutter på hvert bulder med 3 minutters pause mellom hvert bulder. Deltakerne gjennomførte samme rekkefølge på bulderne på posttest.

### 3.11.1 Buldretest

Hvert bulder hadde tydelig markerte tak som indikerte startposisjon. Bulder en besto av 12 flytt, bulder to besto av 7 og bulder tre besto av 6. Hvis deltakerne toppet ruten måtte de ha begge hender på topptakk i ca 2 sekunder for godkjent bestigning. Dette er like regler som i konkurransetuldring. Gjennom intervensjonen ble rutene skrudd ned av prosjektleder slik at deltakerne ikke kunne buldre eller observere rutene gjennom intervensjonen.

Det ble randomisert hvilke rekkefølger bulderne skulle foregå. Samme rekkefølge ble gjennomført pre- og posttest. For å få et godkjent flytt, måtte deltakeren være etablert på et tak i tråd med gjeldene klatrekonkurranse regler. Det blir notert som et enkelt flytt. Hvis deltakerne prøver å gå videre til neste tak, men falt av, ble det notert som taket de var etablert på med et pluss tegn.



Figur 5. Bulder 1 inneholder totalt 12 flytt. Rød sirkel indikerer fottak, sort sirkel indikerer håndtak. Start tak som vist i figuren. 2 sekunder på topptaket med begge hender for godkjent bestigning. Grad 6C.



Figur 6. Bulder 2 inneholder syv flytt. Start posisjon på markerte tak. Rød sirkler indikerer fottak, sorte indikerer håndtak. Grad 6B+.



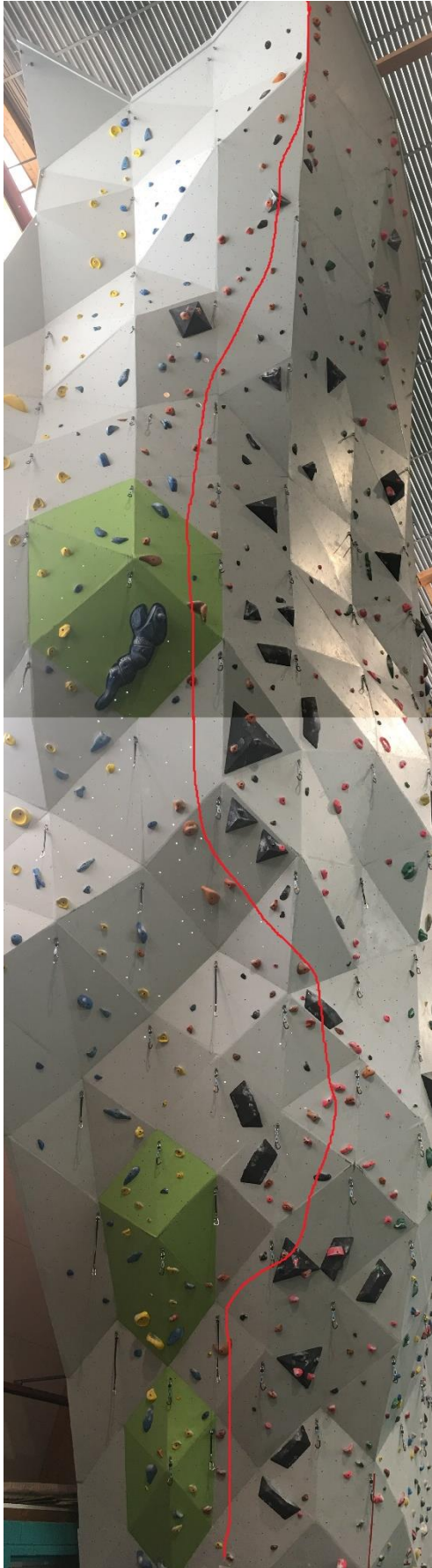


Figur 7. Bulder 3 inneholder seks flytt. Røde sirkler indikerer fottak, sorte indikerer håndtak. Start posisjon på markerte tak. Grad 6C+.

### 3.11.2 Klatretest

Testen besto av en bratt led klatrings-rute bestående av 66 flytt til toppanker, som var identisk fra pre og posttest. Ruten var ca 18 meter høy og gradert 15-16 på IRCRA skalaen (6c til 6c+ fransk grad). Ruten ble gradert av to erfarne klatrere som jobber på Sogndal klatresenter.

Deltakerne fikk ett forsøk på å komme så langt som mulig. Hvis deltakerne klarte å bestige ledruten skulle deltakeren fires ned så fort som mulig, dra gjennom tauet og begynne å klatre umiddelbart. Bakketid ble ca 1 minutt. Det ble notert antall runder og høyeste punkt på veggen (highpoint). Highpointen ble bekreftet og notert ved bruk av et skjema som inneholdt alle flyttene på ruten og takenes verdi. Antall flytt og eventuelle runder vil bli notert prosjektleder. Felles regler for alle deltakerne var at de fikk ikke lov til å klatre ruten gjennom intervensjonen utenom testingsperioden. I tillegg var det ikke lov med en åpenbar lang hvilepause mens deltakerne testet ruten.



Figur 8. Ledklatreruten inneholder 66 flytt. Grad 6C.

### 3.12 Treningsprotokoll

Begge gruppene skulle utføre tre klatrespesifikke treningsøkter i uken i fem uker med fokus på gruppen de ble plassert i (buldring eller ledklatring). Buldregruppen hadde to buldreøkter og en ledklatrings økt i uken. Ledklatregruppen hadde to ledklatring og en buldreøkt i uken. Begge gruppene utførte totalt fem kvalitetsøkter, fem kvantitetsøkter og fem vedlikeholdsøkter (totalt 15 økter). I forhold til variasjon hadde gruppene ulikt fokus på hver enkelt treningsøkt. I tillegg hadde hver gruppe en vedlikeholdsøkt i uken fra den motsatte gruppen for å bevare egenskapene fra disiplinen.

#### 3.12.1 Oppvarming

Oppvarmingen var omtrent identisk som nyttet før pre- og posttest. 15 minutters oppvarming som innebærer generell og spesifikk oppvarming. Fokus er å få store muskelgrupper i gang og gradvis øke belastningen mer spesifikt på fingrene.

#### 3.12.2 Buldring

##### **Kvalitetsøkt**

Hver økt hadde en varighet på ca 1 time og 30 min og med en intensitet på 7-8 borgskala.

Formål: Øke styrkeeffekten

Hoveddel: innebærer å starte med lettere ruter og gradvis øke vanskelighetsgraden.

Graderingen av buldrueruter på Sogndal klatresenter rangeres fra hvitt (4 fontainebleau grad), grønt (4-5 fontainebleau grad), blått (5+ til 6c fontainebleau grad), gult (6b+ til 6c fontainebleau grad), rødt (6c+ til 7a+ fontainebleau grad) og svart (7b og hardere fontainebleau grad). Eksempelvis starte med 4 hvite bulder, 3 grønne, 2 blå, 1 gul osv.

Prinsippet er å bygge opp vanskelighetsgraden på bulderne som en pyramide. Når du begynner å nærme deg maksimalt, skal du velge et *prosjekt* og jobbe med det. Målet her er å jobbe maksimalt og gradvis komme lenger på bulderet. Pausene bør være delvis lange minimum 3 minutter for å være utvilt til neste forsøk. Dette er for å ha kvalitet på forsøkene. Målet er å gå ditt *prosjekt* på 3 økter. Når eller hvis du har fullført *prosjektet* velger du deretter et nytt et.

##### **Mengdeøkt**

Hver økt hadde en varighet på ca 1 time og med en intensitet på 7-8 borgskala.

Formål: Power endurance

Hoveddel: innebærer intervalldrag på forskjellige bulder som ligger på 60-70% av maks. Intervalldragene skal være 4\*5 med ca 5 min pause. 4 ganger på 5 ulike bulder. Litt avhengig av hvor mange som er i hallen på tidspunktet du skal trene er det mest ideelle å kjøre 4 ganger opp og ned samme bulder, 5 min pause, nytt bulder og repetere dette på totalt 5 bulder.

### **Vedlikeholdsøkt**

Denne økten skulle buldregruppen gjennomføre en ledklatringsøkt. Denne økten sto deltakerne fritt i forhold til intensitet og opplegg men øktens varighet skulle være minimum 1 time. Formålet med økten var å bevare og vedlikeholde egenskapene fra den motsatte gruppen. Ved å kun trene en spesifikk egenskap i fem uker vil dette fremme den trente egenskapen betydelig og redusere fremgangen til den motsatte. Dermed utfører deltakerne en vedlikeholdsøkt i uken for å bevare de klatrespesifikke egenskapene.

#### 3.12.3 Klatring

### **Kvalitetsøkt**

Økten hadde en varighet på ca 1 time og intensitet 7-8 borgskala.

Formål: Øke tåleevne

Hoveddel: Deltakerne velger totalt seks ruter på ca 80% av maks. Strukturen på økten er tre sett hvor deltakerne ledklatrer to ruter i hvert sett. Riktig gjennomføring er å toppe første rute med margin og deretter ledklatre direkte på en annen ledrute. Deltakerne bør planlegge på forhånd hvilke ledruter som skal gjennomføres for økten. Gjenta dette i totalt tre serier med pausetid lik arbeidstid. Det er fordelaktig hvis to deltakere kan rullere mellom settene slik at pausetid er lik i forhold til arbeidstid.

### **Mengdeøkt**

Økten har en varighet på ca 1 time og 15 minutter og intensitet 5-6 borgskala.

Formål: Bygge kapasitet og restituere underveis på ruter

Hoveddel: Fokuset blir å øke mengde og klatre flere antall klatreruter på ca 50-60 % av maks. Fordelen med denne metoden er at den bygger kapasitet til å tåle trening og for å restituere

seg underveis på en rute. En skal unngå for kraftig pump og for høy intensitet. Totalt antall taulengder øker periodevis gjennom treningsperioden (tabell). De første to ukene ligger antall ruter på 9 i uken. Fra uke tre til fire øker antall ledruter opp til 10. Den siste uken i treningsperioden øker antall ruter i uken til 11. Denne økten går fint å gjennomføre alene på autobelay eller ledklatring med makker hvis det er stor pågang i hallen.

### **Vedlikeholdsøkt**

Denne økten skulle ledklatregruppen gjennomføre en buldreøkt. Deltakerne sto fritt i forhold til intensitet og opplegg men øktens varighet skulle være minimum 1 time. Formålet var å bevare buldreegenskapene gjennom treningsperioden.

#### **3.13 Selvrapportert treningsstatus**

Deltakerne ble pliktet til å loggføre treningsøktene under intervensjonen. Treningsøktene innebærer *kvalitet, mengde og vedlikehold*. Deltakerne skulle føre inn hvilken dag i uken de gjennomførte de gitte øktene med en kommentar rundt:

- For ledklatring kommentere total IRCRA skala (Fig 9). Prosjektleder plasserte tydelige skilt ved hver enkelt ledrute på Sogndal Klatresenter hvor gradene var konvertert til IRCRA skala. Slik kunne deltakerne enkelt legge sammen alle ledrutene som ble gått for økten. På denne måten kan en se fremgang og mengde fra uke til uke.
- For buldring kommenter antall ruter i forhold til farge. I buldreveggen som ble benyttet av deltakerne er det ikke presise graderingen på hver enkelt rute. Dermed noterer deltakerne antall ruter gått innenfor farge-grad systemet brukt på Sogndal klatresenter.
- Tidsbruk.
- Subjektiv følelse av intensitetsnivået på økten (Fig 10). Borgskalaen som ble brukt rangeres fra 1-10 hvor 10 er det hardeste. Etter hver enkelt treningsøkt, skulle deltakerne legge til en kommentar hvor hardt økten følt.

Annen trening/aktivitet skal deltakerne også loggføre. Her skal det kommenteres kort hva slags type trening/aktivitet, tidsbruk og anstrengelsesfølelse av økten ut ifra borgskala.

Climbing Group	Vermin	Font	IRCRA		
			Reporting Scale	YDS French/sport	
			1	5.1	1
			2	5.2	2
			3	5.3	2+
Lower Grade (Level 1)			4	5.4	3-
Male & Female			5	5.5	3
			6	5.6	3+
			7	5.7	4
			8	5.8	4+
			9	5.9	5
	VB	<2	10	5.10a	5+
			11	5.10b	6a
Intermediate (Level 2)	V0-	3	12	5.10c	6a+
Female	V0	4	13	5.10d	6b
Intermediate (Level 2)	V0+	4+	14	5.11a	6b+
Male	V1	5	15	5.11b	6c
		5+	16	5.11c	6c+
	V2	6A	17	5.11d	7a
Advanced (Level 3)	V3	6A+	18	5.12a	7a+
Female	V4	6B	19	5.12b	7b
		6B+	20	5.12c	7b+
Advanced (Level 3)	V5	6C	21	5.12d	7c
Male	V6	6C+	22	5.13a	7c+
		7A	23	5.13b	8a
	V7	7A+	24	5.13c	8a+
		7B	25	5.13d	8b
Elite (Level 4)	V8	7B+	26	5.14a	8b+
Female	V9	7C	27	5.14b	8c
		7C+	28	5.14c	8c+
Elite (Level 4)	V10	8A	29	5.14d	9a
Male	V11	8A+	30	5.15a	9a+
		8B	31	5.15b	9b
Higher Elite (Level 5)	V12	8B+	32	5.15c	9b+
Female	V13	8C			
Higher Elite (Level 5)	V14	8C+			
Male	V15				
	V16				

Figur 9. IRCRA skala. Ulike klatregraderinger konvertert til en numerisk skala rangert fra 1 til 32. Skalaen standardiserer karakteristikken til ulike klatrere. Tabellen er justert for å vise de vanligste graderingene i buldring og ledklatring.

1 - 10 Borg Rating of Perceived Exertion Scale	
0	Rest
1	Really Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Sort of Hard
5	Hard
6	
7	Really Hard
8	
9	Really, Really, Hard
10	Maximal: Just like my hardest race

Figur 10. Borgskala rangert fra 0-10 hvor 10 er hardeste oppfattet intensitet. Deltakerne kommenterte sin subjektive følelse av øktene i forhold til intensitet.

### 3.14 Statistikk

Utenom FAVGjug, RFD list, RFD jug, ledklatrings testen, alder og klatreerfaring var det ingen variabler som hadde avvik fra normalfordeling. SPSS (version 25,0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) ble brukt for analysering av data. Forskjeller mellom gruppene ble identifisert ved å bruke uavhengig t-test for de parametriske variablene. For de ikke parametriske variablene ble Man Whitney U testen brukt. Forskjeller innad i gruppene ble identifisert ved å bruke parret t-test for de parametriske variablene. For de ikke parametriske variablene ble Wilcoxon signed ranks testen brukt. Normalfordeling for datamaterialet i studien ble beregnet ved bruk av Shapiro- Wilk testen. Signifikantnivået ble satt til  $p < 0.05$ . Dataen er presentert som gjennomsnitt ( $\pm$  SD) og Cohen´s d effekt størrelse (ES). Effekt størrelse ble kalkulert ved å dele gjennomsnittet med standard avviket fra pre til post testene. En ES på  $< 0.2$  ble sett på som triviell, 0.2 liten, 0.5 middels og  $> 0.8$  stor.

### 3.15 Referanser

- Amca, A. M., Vigouroux, L., Aritan, S., & Berton, E. (2012). Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *Journal of sports sciences*, *30*(7), 669-677.
- Baláš, J., Michailov, M., Giles, D., Kodejška, J., Panáčková, M., & Fryer, S. (2016). Active recovery of the finger flexors enhances intermittent handgrip performance in rock climbers. *European Journal of Sport Science*, *16*(7), 764-772.
- Baláš, J., Panáčková, M., Strejcová, B., Martin, A. J., Cochrane, D. J., Kaláb, M., . . . Draper, N. (2014). The relationship between climbing ability and physiological responses to rock climbing. *The Scientific World Journal*, *2014*.
- Baláš, J., Pecha, O., Martin, A. J., & Cochrane, D. (2012). Hand-arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European journal of sport science*, *12*(1), 16-25. doi:10.1080/17461391.2010.546431
- Draper, N., Giles, D., Schöffl, V., Konstantin Fuss, F., Watts, P., Wolf, P., . . . Fryer, S. (2015). Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technology*, *8*(3-4), 88-94.
- España-Romero, V., Porcel, F. B. O., Artero, E. G., Jiménez-Pavón, D., Sainz, A. G., Garzón, M. J. C., & Ruiz, J. R. (2009). Climbing time to exhaustion is a determinant of climbing performance in high-level sport climbers. *European journal of applied physiology*, *107*(5), 517.
- Fanchini, M., Violette, F., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2013). Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(2), 310-314.
- Ferguson, R. A., & Brown, M. D. (1997). Arterial blood pressure and forearm vascular conductance responses to sustained and rhythmic isometric exercise and arterial occlusion in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *76*(2), 174-180.
- Fryer, S., Stone, K. J., Sveen, J., Dickson, T., España-Romero, V., Giles, D., . . . Draper, N. (2017). Differences in forearm strength, endurance, and hemodynamic kinetics between male boulderers and lead rock climbers. *European journal of sport science*, *17*(9), 1177-1183.
- Fryer, S., Stoner, L., Lucero, A., Witter, T., Scarrott, C., Dickson, T., . . . Draper, N. (2015). Haemodynamic kinetics and intermittent finger flexor performance in rock climbers. *International journal of sports medicine*, *36*(02), 137-142.
- Fryer, S. M., Stoner, L., Dickson, T. G., Draper, S. B., McCluskey, M. J., Hughes, J. D., . . . Draper, N. (2015). Oxygen recovery kinetics in the forearm flexors of multiple ability groups of rock climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(6), 1633-1639.
- Gabriano, E., Swanson, J., Luna, V., Harris, J., Shagena, B., Banez, N., . . . VanHaitsma, T. A. (2020). Physiological and psychological differences between novices and advanced boulderers. *Journal of Kinesiology & Wellness*, *9*, 1-12.
- Giles, L. V., Rhodes, E. C., & Taunton, J. E. (2006). The physiology of rock climbing. *Sports Medicine*, *36*(6), 529-545.
- Gleeson, M., & Jeukenbrup, A. (2004). *Sport nutrition: an introduction to energy production and performance*: Human Kinetics.
- Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A., & Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of sports sciences*, *14*(4), 301-309.
- Hermans, E., Andersen, V., & Saeterbakken, A. H. (2017). The effects of high resistance–few repetitions and low resistance–high repetitions resistance training on climbing performance. *European journal of sport science*, *17*(4), 378-385.



- Horst, E. (2008). *Training for climbing: The definitive guide to improving your performance*: Rowman & Littlefield.
- Kalland, J. (2015). *Kraftutvikling hos sportsklatrarar—utvikling av ny styrketest og måling av fysiske eigenskapar hos sportsklatrarar*.
- Kodejska, J., Michailov, M. L., & Baláš, J. (2015). Forearm muscle oxygenation during substained isometric contractions in rock climbers *Acta Universitatis Carolinae: Kinanthropologica*, 51(2).
- La Torre, A., Crespi, D., Serpiello, F., & Merati, G. (2009). Heart rate and blood lactate evaluation in bouldering elite athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(1), 19.
- Levernier, G., & Laffaye, G. (2019a). Four Weeks of Finger Grip Training Increases the Rate of Force Development and the Maximal Force in Elite and Top World-Ranking Climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(9), 2471-2480.
- Levernier, G., & Laffaye, G. (2019b). Rate of force development and maximal force: reliability and difference between non-climbers, skilled and international climbers. *Sports biomechanics*, 1-12.
- Levernier, G., Samozino, P., & Laffaye, G. (2020). Force-Velocity-Power profile in high elite boulder, lead, speed, climbers competitors. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- López-Rivera, E., & González-Badillo, J. J. (2019). Comparison of the Effects of Three Hangboard Strength and Endurance Training Programs on Grip Endurance in Sport Climbers. In (pp. 183-195).
- MacLeod, D., Sutherland, D., Buntin, L., Whitaker, A., Aitchison, T., Watt, I., . . . Grant, S. (2007). Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal of sports sciences*, 25(12), 1433-1443.
- Medernach, J. P., Kleinöder, H., & Lötzerich, H. H. (2015). Fingerboard in competitive bouldering: training effects on grip strength and endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2286-2295.
- Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, D. L., & Swan, J. G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British journal of sports medicine*, 34(5), 359-365.
- Michailov, M. L., Baláš, J., Tanev, S. K., Andonov, H. S., Kodejška, J., & Brown, L. (2018). Reliability and validity of finger strength and endurance measurements in rock climbing. *Research quarterly for exercise and sport*, 89(2), 246-254.
- Noé, F., Quaine, F., & Martin, L. (2001). Influence of steep gradient supporting walls in rock climbing: biomechanical analysis. *Gait & posture*, 13(2), 86-94.
- Orth, D., Davids, K., & Seifert, L. (2016). Coordination in climbing: effect of skill, practice and constraints manipulation. *Sports medicine*, 46(2), 255-268.
- Philippe, M., Wegst, D., Müller, T., Raschner, C., & Burtscher, M. (2012). Climbing-specific finger flexor performance and forearm muscle oxygenation in elite male and female sport climbers. *European journal of applied physiology*, 112(8), 2839-2847.
- Phillips, K. C., Sassaman, J. M., & Smoliga, J. M. (2012). Optimizing rock climbing performance through sport-specific strength and conditioning. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 1-18.
- Saeterbakken, A. H., Andersen, V., Stien, N., Pedersen, H., Solstad, T. E. J., Shaw, M. P., . . . Hermans, E. (2020). The effects of acute blood flow restriction on climbing-specific tests. *Movement & Sport Sciences-Science & Motricité*.
- Sheel, A. (2004). Physiology of sport rock climbing. *British journal of sports medicine*, 38(3), 355-359.
- Stien, N., Saeterbakken, A. H., Hermans, E., Vereide, V. A., Olsen, E., & Andersen, V. (2019). Comparison of climbing-specific strength and endurance between lead and boulder climbers. *PLoS one*, 14(9).
- Vigouroux, L., Devise, M., Cartier, T., Aubert, C., & Berton, E. (2019). Performing pull-ups with small climbing holds influences grip and biomechanical arm action. *Journal of sports sciences*, 37(8), 886-894.

- Vigouroux, L., & Quaine, F. (2006). Fingertip force and electromyography of finger flexor muscles during a prolonged intermittent exercise in elite climbers and sedentary individuals. *Journal of sports sciences*, 24(2), 181-186.
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European journal of applied physiology*, 91(4), 361-372.
- Watts, P. B., Martin, D. T., & Durtschi, S. (1993). Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of sports sciences*, 11(2), 113-117.
- White, D. J., & Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1356-1360.

## 4 Cover letter

Tidsskriftet The Journal of Strength and Conditioning Research (JSCR) ble valgt for potensiell publisering av avhandlingen som vitenskapelig artikkel. JSCR er et månedlig fagfelleurdert medisinsk tidsskrift som publiserer forskning på aerob kondisjonstrening og fysisk styrke. Tidsskriftet har publisert flere artikler på ledklatring og buldring. Blant annet en av de få studiene som har blitt gjort på ledklatring og buldring. Artikkelen til undertegnede sin aktualitet til tidsskriftet er å bidra med treningsintervensjon som ser på effekten av ledklatring og buldring. Treningsintervensjoner på ledklatring og buldring er en mangelvare i klatreforskning.

## 5 Artikel

### *Effects of five weeks of lead or bouldering climbing on performance and climbing specific tests: an intervention study among recreational trained climbers*

#### Abstract

Training interventions on climbing performance is called up on and limited in the scientific literature. Therefore, the aim of this study was to compare the effects in a 5-week training program focusing on bouldering or lead climbing on climbing performance and climbing specific strength and endurance tests. A randomized control study (RCT) was conducted for the study. Fourteen intermediate to advanced climbers (IRCRA  $16,28 \pm 2,58$ ) participated and were randomized into two groups: bouldering and lead climbing. Both groups trained three sessions a week. The participants performed two specific training sessions focusing on the group climbing discipline and one maintenance session from the other group climbing discipline each week. Pre- and post-intervention, lead climbing and bouldering performance tests were measured using highpoint values. Peak force, average force and rate of force development (RFD) were measured during an isometric pull-up in addition to finger flexor endurance in an intermittent test to failure. The isometric pull-up was performed on a ledge hold (high finger strength requirements) and on a jug hold (very low finger strength requirements). **Results:** No significant difference were found between the groups for all tests ( $p= 0.159-0.992$ ). Within the group, post testing results demonstrated a 14% increase in Peak force ledge ( $p= 0.014$ ,  $ES= 1.29$ ), and 17% increase in force average jug ( $p= 0.029$ ,  $ES= 1.08$ ) for the bouldering group. For the lead climbing group there was 25% increase for the intermittent forearm muscle endurance test ( $p= 0.020$ ,  $ES= 1.19$ ). Both groups preserved strength and forearm endurance throughout the training intervention. For all other tests there was no significant difference within the groups ( $p=0.063-0.917$ ). **Conclusion:** The study revealed no significant difference between the lead climbing and bouldering training protocol. Within- group comparison, the bouldering group significantly increased maximal finger strength and average force on jugs, while the lead climbing group significantly increased forearm muscle endurance on the intermittent test. Based on the climber's training goal, bouldering and lead climbing can be used to improve climbing specific tests.

## Introduction

The interest in lead climbing and bouldering has grown in the last decades. Approximately 45 million lead- climb and boulder daily. In sport climbing, three climbing disciplines were included in the Olympics; lead climbing, bouldering and speed climbing. Of these three, lead climbing and bouldering are currently the two most practiced disciplines.

Lead climbing is typically performed on a 12-18 m high wall, using 20-50 climbing holds, lasting 4-6 minutes and with an average contact time to holds of eight seconds [1]. Therefore, lead climbing requires forearm endurance, finger strength and general upper body strength [2-6]. Bouldering typically consist of less than eight-to- ten climbing moves and is performed without ropes on a less than five-meter-high wall. In contrast to lead climbing, bouldering demands higher maximal finger force and rate of force development because of more demanding moves [2, 3, 7-9].

In the scientific literature, only a handful of training interventions has been conducted in climbing with majority focusing on finger training [10-12]. For example, López-Rivera and González-Badillo [10] compared the effects of 8-weeks maximal, intermittent and combined hang board training on grip endurance among sport climbers. There were no difference between the groups, but the intermittent training had the greatest % improvement (45% vs. 34% and 7% for the maximal and combined groups) for grip endurance development. Another study investigated the training effects of four weeks of fingerboard training on grip strength and endurance in competitive boulder climbers [11]. The results found fingerboard training to be more effective on climbing specific strength tests compared to bouldering. Finally, one study compared the effects of different strength training intensities (high resistance-low few repetitions and low resistance-high repetitions) on climbing performance, climbing- specific tests and general strength test [12]. Both intensity-training programs demonstrated a non-significant improvement in climbing performance despite a 50% reduction in climbing sessions, but improved the results in strength and climbing-specific tests.

Only two studies have compared specific tests between lead-and boulder climbers. For example, Stien, Saeterbakken [7] compared climbing- specific strength and endurance between lead and boulder climbers. Boulder climbers demonstrated greater maximal force and rate of force development (RFD) than lead climbers, whereas no differences were observed in finger flexor endurance. In comparison, Fanchini, Violette [2] compared maximal muscle strength and rapid force capacity of finger flexors between boulder and lead climbers of national- international level. Maximal voluntary contraction (MVC) force and rate of force

development (RFD) were significantly greater in boulder compared to lead climbers. To the author's best knowledge, no previous study has examined the effects of climbing-specific training within bouldering and lead climbing. In addition, previous studies comparing lead and boulder climbers have been cross-sectional studies with only a few test parameters focusing mainly on the finger flexors. Therefore, the aim of this study was to compare bouldering and lead climbing training on climbing performance and climbing specific tests on recreational climbers. The author hypothesized the boulderers to demonstrate greater maximal force, RFD and better performance score on the bouldering test routes, while lead climbers were expected to demonstrate greater intermittent finger muscle endurance score and better performance score on the lead climbing test route.

## Material methods

### Study design

The study was a randomized control study with a within- and between subject's comparison design (RCT). The participants were randomized to participate in a 5-weeks boulder or lead climbing intervention. The climbers were tested in two separated sessions separated by 1-5 days. In the first session, the climbers performed climbing specific tests in the lab before being tested in climbing- and bouldering performance in session two.

### Subjects

Fourteen recreational climbers (11 males and 3 females) volunteered for the study. The anthropometric data is presented in table 1. To be included in the study, the minimal self-reported accomplished climbing grade (red-point) were 6b for women (IRCRA 13) and 6b+ for men (IRCRA 14). The participants had to be free of injuries and older than 18 years. The participants were randomized into two different groups (bouldering and lead-climbing) by drawing. Based on the participants self-reported red-point grade the mean red-point IRCRA grade for the participants were  $16,28 \pm 2,58$  [13].

The consent form and the testing procedures were approved by the Norwegian Centre of Research data (252152) and were in accordance with the ethical guidelines of Western Norway University of Applied Sciences and conformed to the standards of treatment of human participants in research, outlined in the 5th Declaration of Helsinki. All subjects were informed about the study orally and in writing and signed an informed consent prior to collection of data

Table 2. Anthropometric data, number of weekly climbing sessions, climbing experience and self-reported climbing ability (IRCRA). There were no differences ( $p>0.05$ ) between the groups for all variables. Data are given as mean ( $\pm$  SD).

	Climbing group (6 male, 1 female)	Bouldering group (5 male, 2 female)
Age (years)	28,7 $\pm$ 8,2	27,2 $\pm$ 5,9
Height (cm)	177,7 $\pm$ 6	173,7 $\pm$ 5,1
Body mass (kg)*	70,2 $\pm$ 5,9	65,8 $\pm$ 7,4
fat (%)*	13,1 $\pm$ 3,4	14,5 $\pm$ 2,1
fat-free mass (%)*	86,8 $\pm$ 3,4	85,4 $\pm$ 2,1
Climbing experience (years)	7,7 $\pm$ 9,3	5 $\pm$ 3
Weekly climbing sessions	3,4 $\pm$ 0,5	3,3 $\pm$ 1
Red-point (IRCRA)	17,5 $\pm$ 2,6	15 $\pm$ 1,5

## Procedures

Before the tests, the participants were instructed to refrain from climbing and climbing-related training for 48 hours. For the first test session, the participants were asked about age, climbing experience, climbing level and training background. Further, a body composition test was conducted (Tanita MC 780MA s, Tokyo, Japan) before the performance tests. All participants performed the tests in a standardized order: 1) isometric pull-up on a ledge then on jugs, 2) intermittent forearm muscle endurance test. For the isometric pull up test, each participant was given three attempts on both the ledge and jugs. The best attempt of the attempts was used in further analyses. Two minutes of rest were given between each trial and three minutes of rest between each test condition.

One- to five days later, the climbers were tested on three different boulders and one lead climbing route. The participants were first introduced to the contents of the tests before performing. The order of the three bouldering routes was randomized and repeated in the same matter for pre- and posttest. The participants were given five-minute to complete each of the three boulders with a three-minute rest in between as competition bouldering are conducted. The highpoint on each boulder was used as a total score. After completing the bouldering test, 10 minutes of rest were given before performing the lead climbing route. One attempt to failure was given and the highpoint was used in further analyses. The participants, prior and during the intervention, was not allowed to train on or attempt any of the test routes.

### Warm-up

Before all testing and training procedures the participants performed a 15- warm up consisting of bouldering and traversing on self- selected routes. The participants were instructed to maintain a light- to moderate intensity in the warm-up routine.

### Isometric pull-up

The pull-up testing procedures were conducted using two different conditions; 1) On a wooden jug grip (Beastmaker 1000 series, Beastmaker Limited, Leicester, United Kingdom), and 2) on a 43 cm wide and 23 mm deep wooden ledge with rounded edges (Metolius Climbing, Bend, Oregon, USA). The ledge was regularly brushed to provide equal friction conditions for all subjects. Three attempts were given in each condition, with two-minute rest between each attempt and three minutes rest between conditions [14]. The results from the best attempt for each condition was used in the analyses.

The participants performed the tests wearing a climbing harness. A force cell (Ergotest Innovation A/S, Porsgrunn, Norway) was attached to the floor and to the climbing harness using an adjustable static rope (Fig1). A cone was placed over the force cell with a karabiner to maintain a neutral position. The participants were asked to perform a pull- up hanging on the ledge with an open crimp (no thumb allowed). The length of the rope was individually adjusted so that the elbows and shoulder angles were 90 degrees (fig 1). The elbow angles were measured using a goniometer. The angle was controlled before starting the test [7, 15].



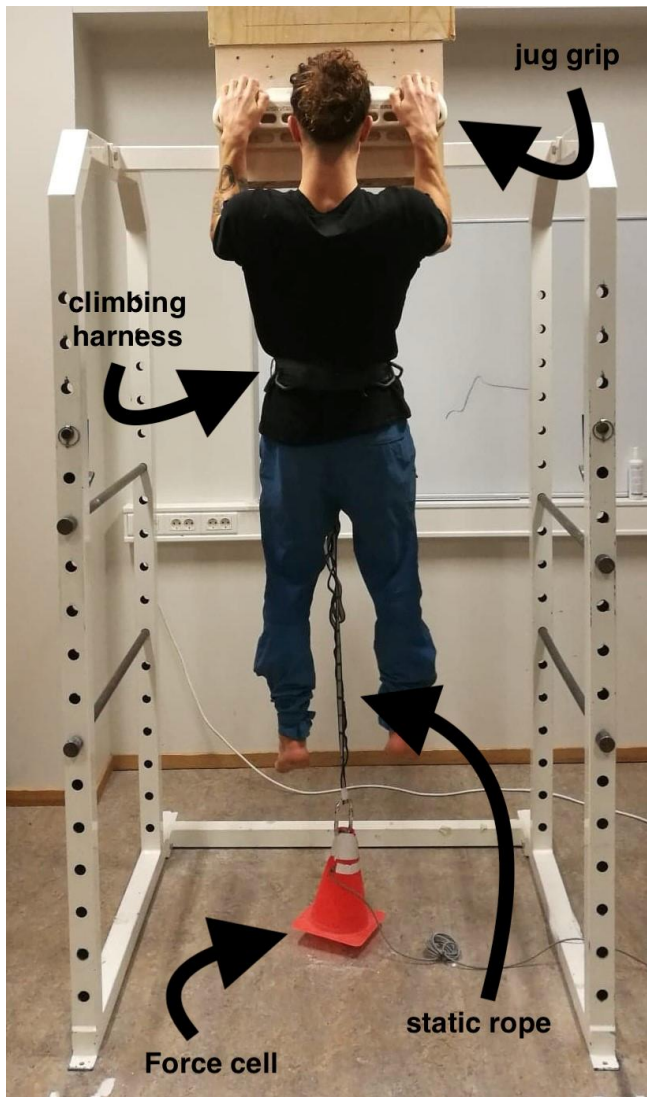


Figure 1. Position with 90 degrees elbow flexion for the isometric pull-up on jugs. Markers indicate climbing harness, force cell, static rope and jug grip.

The isometric test started with the participants performing a pull-up until the rope stopped further movement upwards (starting position). This position was maintained for a brief period (0.5-1.0 seconds). Thereafter, the participant performed a maximal isometric pull-up as fast as possible and obtaining the force for five seconds. The participants were encouraged to continue generating force until a distinct drop of force was observed. Three force derivatives were measured in each attempt:

- 1) The force peak ( $F_{peak}$ ) was registered from the highest force output on the curve (Fig2).

- 2) After the  $F_{peak}$ , the participants were instructed to continue generate maximal force. The force average ( $F_{avg}$ ) was calculated as the mean force over a two seconds period, excluding the peak (Fig2).
- 3) The RFD was calculated as the mean increase in the force from the onset of force generation after pulling themselves up to the 90 degrees elbow angle and to the  $F_{peak}$  (Fig2). The onset of force was determined visually, which has been proposed as more sensitive and accurate than automated detection [16]. The  $F_{avg}$ ,  $F_{peak}$  and  $RFD_{avg}$  were recorded by the force sensor at 200Hz and analyzed with the MuscleLab software (v. 10.4.37.4073, Ergotest Innovation A/S, Porsgrunn, Norway).

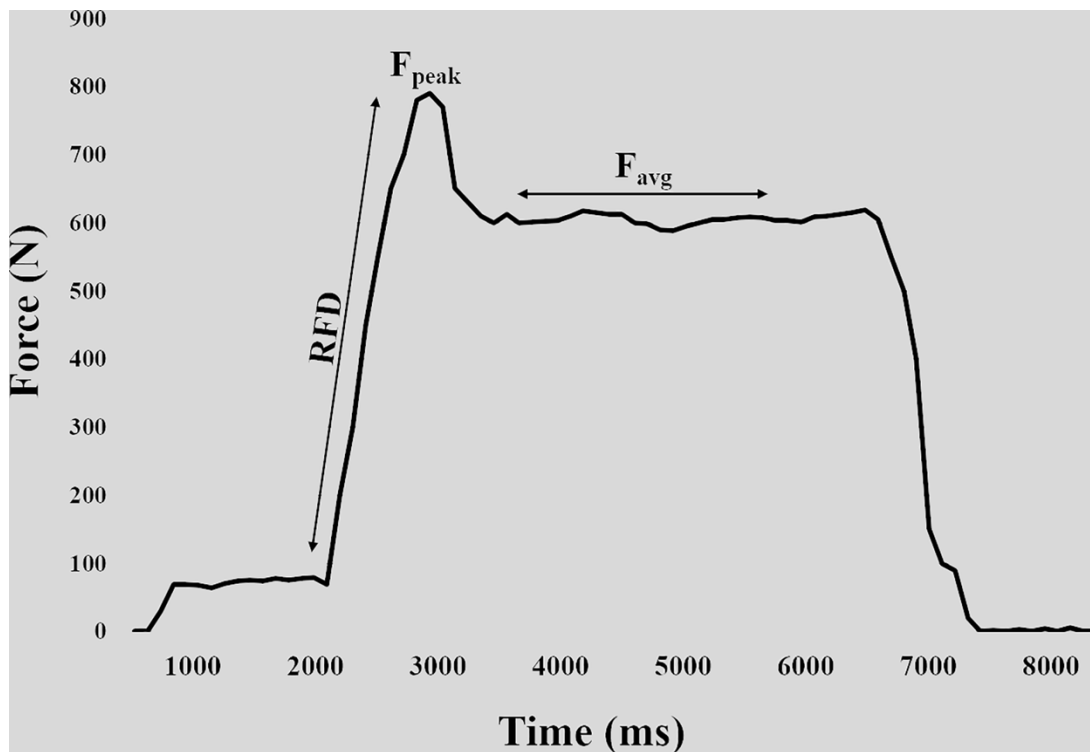


Figure 2. Typical force curve produced in the isometric pull-up. Markers indicate rate of force development (RFD), Force peak ( $F_{peak}$ ) and Force average ( $F_{avg}$ )

#### Intermittent forearm muscle endurance test

The endurance test was performed standing with a 90-degree angle to the elbows. Participants used a half crimp grip (without using the thumb) on a 23 mm strip used in the isometric tests. The ledge was attached to a custom finger training stand (Fig 3). A custom built force cell

measured the participants' finger flexor force output. To avoid movement in the elbows, a wooden beam was placed between the elbows and abdominal region.

The distance from the wooden beam and the ledge was individually adjusted so that only the distal phalanxes reach the ledge. When completed, participants performed two maximum contractions lasting 3-5 seconds and pausing for 1 minute. The average force over a two-second window was used as the climber's maximum finger strength. During the endurance test, participants had to generate at least 57% of the maximum finger strength during intermittent. These periods lasted for seven seconds and followed by three seconds of rest (7:3 ratio) (White and Olsen, 2010). If participants generate less than 57% of maximum finger strength over a second window, the test is terminated (Medernach et al., 2015).

A screen that provides feedback from the participant's force output was placed in front of the subject. The threshold (57% of maximum) was marked as a horizontal line on the screen. The Beastmaker application (Beastmaker 1000) was used to inform climbers of breaks and contraction times. In addition, test managers perform oral instructions (i.e. count down). The total time of fatigue (i.e., breaks were not included) was used in further analyzes (Medernach et al., 2015).

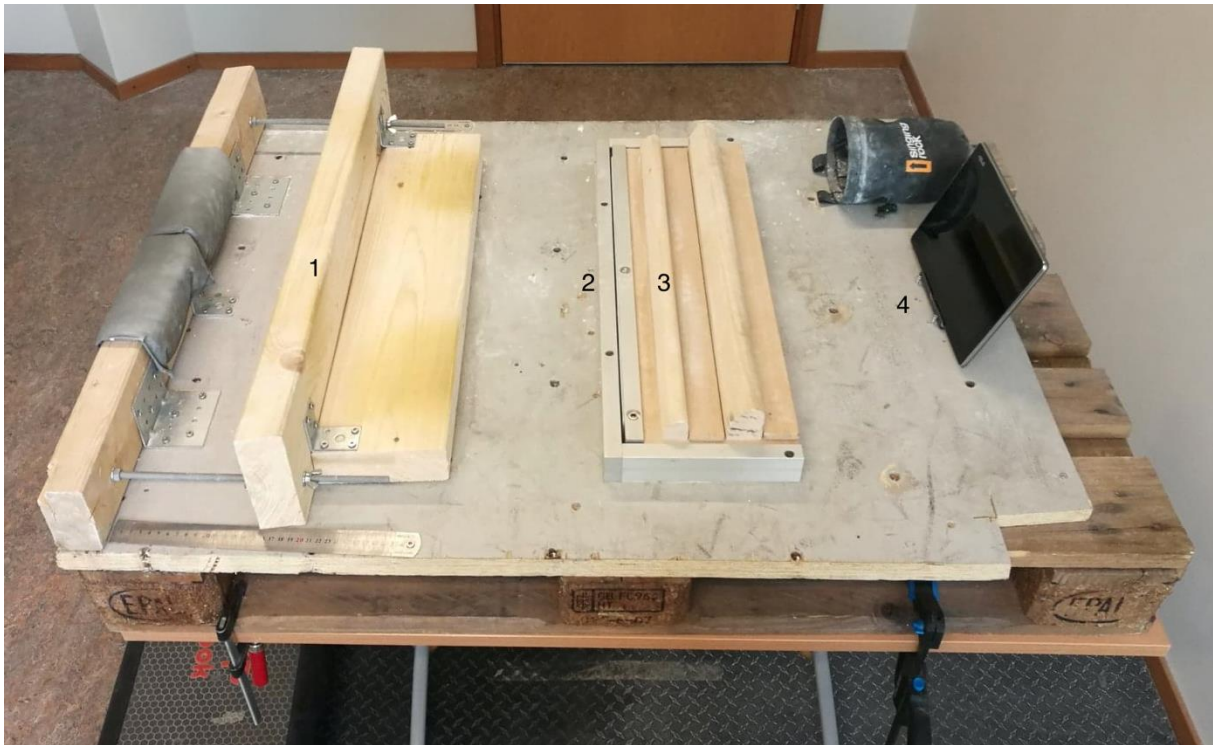


Figure 3. Set-up for the intermittent forearm muscle endurance test. The figure depicts the subject in the standing position with 1) wooden beam limiting movements in the elbows, 2) the force cell, 3) the wooden ledge and, 4) screen providing power output.

### Bouldering test

Each boulder had a clearly marked starting holds. Boulder one consisted of 12 moves (Figure 4), boulder two consisted of seven moves (Figure 5) and boulder three consisted of six moves (Figure 6). The boulders varied in length, size of holds and gradient of the wall. Boulder one had a difficulty of 6C, boulder two 6B+ and boulder three 6C+. The highpoint attempt on the boulders were noted as the total score. The participants had to be controllably established on the hold for it to count as a highpoint. If the participant topped the route, matching the top hold with both hands was required.



Figure 4. Boulder one consisting of 12 moves. Sitting start position on two marked starting holds. Red circles indicate footholds and black circles indicate handholds. Difficulty 6C.



Figure 5. Boulder two consisting of seven moves. Starting position on two marked starting holds. Red circles indicate footholds and black circles indicate handholds. Difficulty 6B+.



Figure 6. Boulder three consisting of six moves. Starting position on two marked starting holds. Red circles indicate footholds and black circles indicate handholds. Difficulty 6C+

### Climbing test

The lead climbing route consisted of progressive overhanging climbing with a total of 66 moves (Figure 7). The route was 18 meters tall and graded 6c by two highly experienced climbers. The participants were allowed one try to failure. If the route was topped, the participant was brought down quickly by the belayer, the rope was pulled through and the participant had to start climbing fleetingly (approximately 1 minute after topping the route). Total amount of laps and highpoint were then noted. The highpoint was noted by observation and using a sketch of the route marking the holds point value. Common rule was that there was not allowed an apparent long rest.

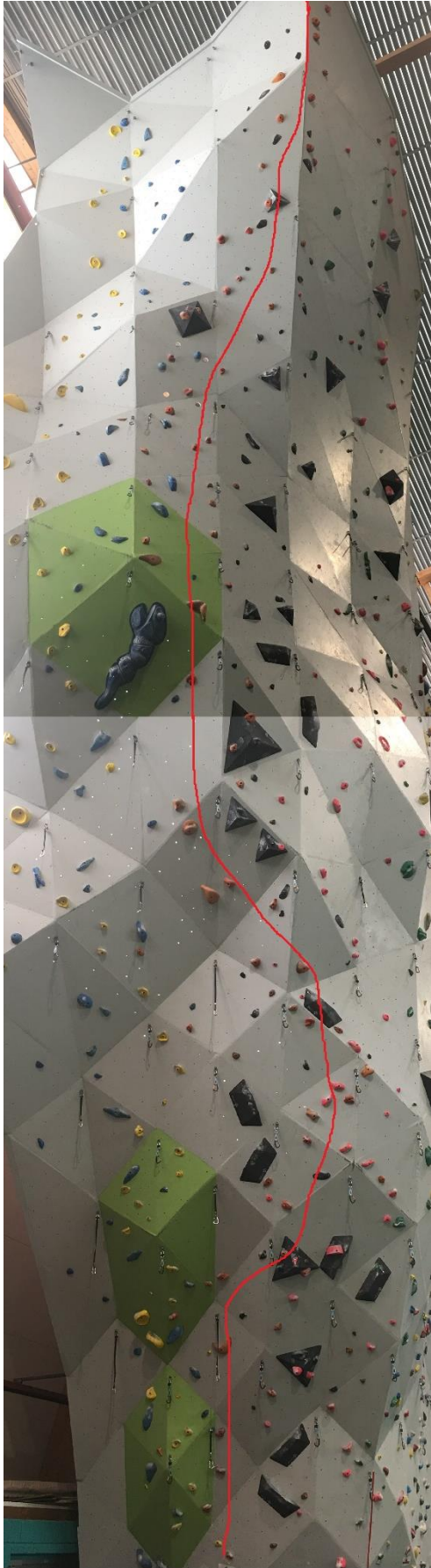


Figure 7. The lead climbing route consisting of total 66 moves. Difficulty 6C.



## Training protocol

Both groups trained three times a week for five weeks performing specific sessions focusing on the specific climbing form. The bouldering group performed two bouldering sessions and one lead climbing session per week whereas the lead climbing group performed two climbing sessions and one bouldering session per week. Both groups conducted in total 15 sessions divided into five quality (high intensity, low volume), five quantity (moderate intensity, high volume) and five maintenance sessions (moderate intensity, moderate volume). Before every training session, the participants completed a 15-minute warm-up described above.

**Quality session.** For the bouldering group, the aim of the quality session was to increase the climbing specific strength. This was done by performing quality attempts on a hard boulder route (i.e. >7 of 1-10 Borg scale). The participants chose a boulder problem at their limit. The participants performed maximal moves attempting to ascend a chosen project. Each attempt separated by three minutes of rest. Number of attempts was individually adjusted from skill and fitness level. If ascending the chosen project, the participants had to choose a new boulder either a harder grade or different style boulder. The duration of the session lasted approximately 90 minutes.

For the lead climbing group, the aim of the quality session was to increase the forearm endurance threshold by climbing in total six hard routes at 80% of their limit. The structure of the session was to climb two lead routes fleetingly for three sets at a high intensity (i.e. > 7 of the 1-10 Borg scale). The breaks between the sets lasted approximately the same as the working time. The duration of the training session was approximately one hour.

**Quantity session.** For the bouldering group, the aim of the quantity session was building bouldering capacity and endurance. The participants performed bouldering intervals selecting routes at 60% of maximum and at hard intensity (Borg scale 6). The structure of the session intervals were four boulder problems fleetingly for five sets and with five-minute breaks in between each set. The duration of the training session was approximately one hour.

For the lead climbing group, the aim of the quantity session was on building lead climbing capacity and endurance. The participants chose lead routes around 50-60% of their limit. The goal was to lead climb easy to moderate routes and gradually increase the total amount of lead routes throughout the training intervention. For the first two weeks, the participants lead climbed nine pitches; the following two weeks were 10 pitches, and the last week 11 pitches. One pitch was approximately 18-20 meters. The intensity was set to be at easy to moderate

intensity (Borgscale 2-3). The duration of the training session was approximately 75 minutes.

**Maintenance session:** The aim of the maintenance session was retaining the opposite climbing- specific qualities throughout the training intervention. Both groups completed one free structured session a week with moderate intensity (borgscale 3). For example, the lead climbing group conducted one bouldering session a week. The maintenance session had to be approximately one hour.

### Statistical analyses

SPSS statistical software (version 25,0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for the analyses. The distribution for normality was identified by the Shapiro-Wilk test. With exception of FAVGjug, RFD list, RFD jug, the climbing tests, age and climbing experience the other variables were normal distributed ( $p=0.098-0.790$ ). Differences between the groups were identified using an independent t-test for the parametric variables and using Mann-Whitney U test for the non- parametric variables. Differences within the groups were identified using paired sampled t-test for the parametric variables. For the non-parametric variables, the Wilcoxon signed ranks test was used. For statistical significance, the alpha level was set at 0.05. The data is presented as mean ( $\pm$  SD) and with the Cohen's d effect size (ES). Effect size was calculated by dividing the mean by the standard deviation from the pre to posttest scores. An ES of  $< 0.2$  was considered trivial, 0.2 small, 0.5 medium, and  $> 0.8$  large.

### Results

There were no significant differences between the groups at baseline ( $p= 0.159-0.992$ ) for any of the test parameters.

#### Climbing performance

For the climbing performance tests (bouldering and lead climbing), no differences were observed between the groups at post-test (table1). Furthermore, neither the bouldering or lead climbing group demonstrated significant improvements in boulder or lead climbing performance ( $p=0.173-0.917$ ).

### Climbing specific tests

No differences were observed between the groups for the climbing specific tests. Within group comparison, the lead climbing group demonstrated a significant 25% increase on the intermittent forearm muscle endurance test (table 2) while no difference was observed in the bouldering group. However, the bouldering group demonstrated a significant (%) increase for PFledge and Favgjug (table 2) while the lead climbing group did not (table 2).

For the strength parametrics; PFjug, RFDledge, RFDjug and Favgledge there were no significant difference between pre- and post-test for the lead climbing group or bouldering group (table 2).

Table 2. Absolute values from the isometric pull-up, forearm endurance test and climbing performance tests. All values are presented as mean  $\pm$  standard deviation (SD) within- group comparison. PF=peak force, Favg= force average output, RFD= rate of force development from the onset of force to the peak force output. BL= bouldering group and LD= lead climbing group.

Test	Group	Pre	Post	%Diff	P	ES	
<b>PF</b>	Ledge	BL	360,4 $\pm$ 208,9	412,7 $\pm$ 208,2*	14,5	.014	1,2
		LD	401,8 $\pm$ 180,3	414,4 $\pm$ 146,5	3,1	.761	0,1
	Jug	BL	525,1 $\pm$ 308,1	571,3 $\pm$ 272,4	8,7	.340	0,3
		LD	523,6 $\pm$ 223,2	585,3 $\pm$ 162,1	11,7	.074	0,8
<b>Favg</b>	Ledge	BL	268,1 $\pm$ 152,2	324,8 $\pm$ 176,3	21,1	.077	0,8
		LD	264,6 $\pm$ 106,1	281,2 $\pm$ 105,3	6,2	.386	0,3
	Jug	BL	399,6 $\pm$ 206,1	470,0 $\pm$ 221,1*	17,6	.028	1,0
		LD	411,8 $\pm$ 179,7	456,0 $\pm$ 166,4	10,7	.063	0,8
<b>RFD</b>	Ledge	BL	739,2 $\pm$ 882,3	968,4 $\pm$ 972,9	30,9	.063	0,8
		LD	967,8 $\pm$ 871,6	1055,0 $\pm$ 406,86	9,0	.693	0,1
	Jug	BL	1729,0 $\pm$ 2194,1	1944,5 $\pm$ 1789,6	12,4	.398	0,2
		LD	1298,0 $\pm$ 656,2	1634,8 $\pm$ 543,5	25,9	.127	0,6
<b>Intermittent</b>	BL	845,9 $\pm$ 318,0	928,8 $\pm$ 288,9	9,7	.072	0,8	
	LD	874,3 $\pm$ 273,5	1095,5 $\pm$ 407,4*	25,3	.020	1,1	
<b>Climbing performance</b>	Lead	BL	24 $\pm$ 8,9	33,2 $\pm$ 26,8	38,6	.173	0,4
		LD	61,7 $\pm$ 56,5	61,4 $\pm$ 55,3	-0,4	.917	-0,01
	Boulder	BL	14,6 $\pm$ 4,3	15,8 $\pm$ 2,8	8,3	.285	0,4
		LD	14,4 $\pm$ 5,1	15,1 $\pm$ 2,4	5,4	.510	0,2

\*= significant differences between pre- and post- tests (p<0.05).

## Discussion

The aim of this study was to see the effect of five weeks lead and bouldering specific training on climbing performance among recreational climbers. By the author's knowledge, the present study is the first to examine the effects of lead and bouldering specific training. The main findings show no significant difference between the training protocols. Within the groups, the bouldering group exhibited greater maximal strength (PF ledge) and average force developed on jugs (Favg jug) whereas the lead climbing group did not. Additionally, the lead climbing group demonstrated a higher intermittent forearm muscle endurance test score whereas the bouldering group did not. Furthermore, both groups preserved qualities from the opposite climbing discipline throughout the training.

In contrast to the hypothesis, no differences were observed between groups in lead climbing and bouldering performance. In addition, both groups did not demonstrate improvements in lead and bouldering performance. This could be due to other aspects interfering with the climbing performance, for example: performance anxiety, stress, technique, and route planning etc [17]. In addition, the training volume might not have been sufficient enough for climbing test improvements. For instance, the groups could have trained three sessions a week focusing on main climbing discipline and one maintenance session. In addition, the duration of the present study being only five weeks could have influenced the climbing test performances. Furthermore, the specific routes chosen might not have been suitable for the specific test procedure. A proposed improvement would be having the bouldering and lead climbing test routes more isolated using for example: moon board and a vertical climbing treadmill to exclude external factors affecting the climbing performance.

For the PFledge, the bouldering group demonstrated significant improvement. Physiological demands of bouldering are more similar to the recommendations for maximal strength training [18]. In addition, harder boulders in general consisting of smaller holds on steeper walls would put more weight and load to the upper body and fingers [2, 7]. In contrast, the lead climbing protocol contained hard lead route climbing and easy to moderate sessions focusing on lead climb capacity building. No improvement was observed in PFledge for the lead climbing group. Lead climbing in general being more long lasting and slow paced in contrast of bouldering, the bouldering training protocol is more likely to benefit the PFledge test. According to the present findings, the results support previous findings of the importance of finger strength in bouldering [2, 7]. This is due to the duration of bouldering is shorter (30 seconds for bouldering vs 2-7 minutes for lead), the number of attempts is higher (multiple for

bouldering vs. single for lead), and the time spent in static positions is less (25 vs. 38% of total climbing time for bouldering and lead, respectively) [1].

For the FAVGjug, there were no differences between the groups. Furthermore, the bouldering group demonstrated significant improvement with a large ES (1.0). Albeit, despite only statistical tendency, the lead climbing group had an 11% improvement with a large ES (0.8). Therefore, both training protocols would implement the importance of prime movers and upper body strength in bouldering and lead climbing. Previous studies indicating the importance of upper body strength in lead climbing and bouldering [2, 3, 7].

The author hypothesized the bouldering group to demonstrate greater RFD. Despite only statistical tendencies, the bouldering group had a 31% increase with a large ES (0.8). The small number of participants is most likely the reason for the non-significant results. Another factor could be the duration of the training period not being sufficient. Bouldering routes, in general, being steeper with smaller holds compared to lead climbing routes demands more upper body strength and explosive movements [1, 19]. In relation to the present findings, previous studies have shown that RFD is an important discriminatory factor between lead and boulder climbers [1, 2, 8, 20, 21].

Interestingly, the lead climbing group maintained performance on all strength testing variables. Throughout the training period, both training groups had one session per week from the non-drawing climbing style. This might have resulted in the lead climbing group not reducing strength performance. In comparison, the bouldering group also maintained performance on the intermittent forearm muscle endurance test which the author predicts would favor lead climbing. Based on the findings of the present study, one maintenance session a week from the opposite prioritized climbing discipline is helpful to maintain strength or endurance performance. Maintenance sessions have been found efficient for preserving specific performance qualities among cyclists and soccer players [22, 23].

For the intermittent forearm muscle endurance test, there were no differences between the groups. Despite only statistical tendency, the bouldering group had a 10% improvement with a large ES (0.8). Furthermore, the lead climbing group demonstrated a significant 25 % improvement with a large ES (0.8). The lead climbing group performed the lead climbing sessions on an 18 meter high lead climbing wall leading to more vertical meters in contrast to the bouldering group performing bouldering sessions on a 4 meter vertical wall. The lead climbing group would therefore spend more time climbing on the wall in contrast of the

bouldering group. In contrast, recent studies comparing climbing-specific strength and endurance between lead and boulder climbers found no difference in endurance results between the two disciplines [7]. The difference in results could be due to the present study having somewhat less experienced climbers compared to Stien, Saeterbakken [7] (IRCRA 16,2 vs 19,2), which could result in quicker adaptability. Furthermore, previous studies [2, 7, 8] have been limited by being cross-sectional studies and mainly focusing on the strength parameters of climbing, in contrast of the present study being a RCT.

Some potential limitations of this study should be outlined. Only recreational climbers were recruited and, therefore, the findings cannot necessarily be generalized to other populations of climbers. Furthermore, only 14 climbers completed the study (seven participants in each group), which increase the risk of a type 2 error due to low statistical power. Also, the specific training protocol in both bouldering and lead climbing was a training proposal designed by the author with help from climbing experts and available literature. This may be improved and manipulated to fit climbers of all levels. In general, the climbing specific training protocol were designed to highlight structured training within the two different climbing disciplines. Further, the lead climbing and bouldering specific performance tests were not in a controlled and isolated environment which may have led to external factors affecting the climbing performance. In addition, the testing routes were the same for pre and posttest where the participants may or may not have remembered certain sequences or betas.

In conclusion, there were no differences between the groups in the climbing performance tests or the climbing specific tests. For the bouldering group, PFledge and FAVGjug increased significantly while the lead climbing group increased the intermittent forearm muscle endurance test. Both groups preserved strength and forearm endurance throughout the training intervention. Further research is needed to examine the effects of lead or boulder climbing on performance and climbing specific tests over a longer period in addition to a larger and wider population of climbers.

## Practical Applications

This is the first study to test the effects of lead or bouldering climbing on performance and climbing specific tests. The present findings suggest that training for bouldering or lead climbing should reflect the specific requirements for the discipline. This can have implications for climbers from both climbing disciplines and climbing coaches. A five-week training period was sufficient for significant increases in both groups favoring the main group

discipline. A longer training period with other/more training stimuli within the main climbing discipline might show relation between climbing specific tests and climbing performance. Furthermore, climbers who are alternating between disciplines should perform maintenance sessions for preservation. This is beneficial for avoiding stagnation or reduction depending on the climbing goal.

## Acknowledgements

I would like to thank all the participants who gave their time and effort to participate in the study. A special thanks to Atle Saeterbakken and Vegard Vereide for great guidance and support. In addition, a special thanks to Herman Nesse who helped set the climbing performance routes without any profit. The author have no conflict of interest to disclose.

## References

1. White, D.J. and P.D. Olsen, *A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2010. **24**(5): p. 1356-1360.
2. Fanchini, M., et al., *Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2013. **27**(2): p. 310-314.
3. Fryer, S., et al., *Differences in forearm strength, endurance, and hemodynamic kinetics between male boulderers and lead rock climbers*. European journal of sport science, 2017. **17**(9): p. 1177-1183.
4. Grant, S., et al., *Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers*. Journal of sports sciences, 1996. **14**(4): p. 301-309.
5. MacLeod, D., et al., *Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance*. Journal of sports sciences, 2007. **25**(12): p. 1433-1443.
6. Philippe, M., et al., *Climbing-specific finger flexor performance and forearm muscle oxygenation in elite male and female sport climbers*. European journal of applied physiology, 2012. **112**(8): p. 2839-2847.
7. Stien, N., et al., *Comparison of climbing-specific strength and endurance between lead and boulder climbers*. PloS one, 2019. **14**(9).
8. Levernier, G., P. Samozino, and G. Laffaye, *Force-Velocity-Power profile in high elite boulder, lead, speed, climbers competitors*. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2020.
9. Mobråten, M., et al., *Klatrebibelen : trening for klatring*. Klatrebibelen. 2018, Trondheim: Klatreboka AS.
10. López-Rivera, E. and J.J. González-Badillo, *Comparison of the Effects of Three Hangboard Strength and Endurance Training Programs on Grip Endurance in Sport Climbers*. Journal of human kinetics, 2019. **66**: p. 183.
11. Medernach, J.P., H. Kleinöder, and H.H. Lötzerich, *Fingerboard in competitive bouldering: training effects on grip strength and endurance*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015. **29**(8): p. 2286-2295.
12. Hermans, E., V. Andersen, and A.H. Saeterbakken, *The effects of high resistance–few repetitions and low resistance–high repetitions resistance training on climbing performance*. European journal of sport science, 2017. **17**(4): p. 378-385.
13. Draper, N., et al., *Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement*. Sports Technology, 2015. **8**(3-4): p. 88-94.
14. Vollestad, N., et al., *Motor drive and metabolic responses during repeated submaximal contractions in humans*. Journal of Applied Physiology, 1988. **64**(4): p. 1421-1427.
15. Saeterbakken, A.H., et al., *The effects of acute blood flow restriction on climbing-specific tests*. Movement & Sport Sciences-Science & Motricité, 2020.
16. Tillin, N.A., et al., *Neuromuscular performance of explosive power athletes versus untrained individuals*. 2010.
17. Horst, E., *Training for climbing: The definitive guide to improving your performance*. 2008: Rowman & Littlefield.
18. Garber, C.E., et al., *Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2011. **43**(7): p. 1334-1359.
19. Noé, F., F. Quaine, and L. Martin, *Influence of steep gradient supporting walls in rock climbing: biomechanical analysis*. Gait & posture, 2001. **13**(2): p. 86-94.



20. Watts, P.B., *Physiology of difficult rock climbing*. European journal of applied physiology, 2004. **91**(4): p. 361-372.
21. Stien, N., et al., *Comparison of climbing-specific strength and endurance between lead and boulder climbers*. PloS one, 2019. **14**(9): p. e0222529.
22. Rønnestad, B.R., E.A. Hansen, and T. Raastad, *In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance*. European journal of applied physiology, 2010. **110**(6): p. 1269-1282.
23. Rønnestad, B.R., B.S. Nymark, and T. Raastad, *Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2011. **25**(10): p. 2653-2660.

## 6 Retningslinjer for tidsskriftet

### Original Research

JSCR publishes research on the effects of training programs on physical performance and function to the underlying biological basis for exercise performance as well as research from a number of disciplines attempting to gain insights about sport, sport demands, sport profiles, conditioning, and exercise such as biomechanics, exercise physiology, motor learning, nutrition, and psychology.

### MANUSCRIPT PREPARATION

#### 1. Title Page

The title page should include the manuscript title, brief running head, laboratory(s) where the research was conducted, authors' full name(s) spelled out with middle initials, department(s), institution(s), full mailing address of corresponding author including telephone and fax numbers, and email address, and disclosure of funding received for this work from any of the following organizations: National Institutes of Health (NIH); Wellcome Trust; Howard Hughes Medical Institute (HHMI); and other(s).

#### 2. Blind Title Page

A second title page should be included that contains only the manuscript title. This will be used to send to the reviewers in our double blind process of review. Do not place identifying information in the Acknowledgment portion of the paper or anywhere else in the manuscript.

#### 3. Abstract and Key Words

On a separate page, the manuscript must have an abstract with a limit of 250 words followed by 3 - 6 key words not used in the title. The abstract should have sentences (no headings) related to the purpose of the study, brief methods, results, conclusions and practical applications, and should include a statement denoting the level of significance set for the study (i.e.  $p \leq 0.05$ ).

#### 4. Text

The text must contain the following sections with titles in ALL CAPS (i.e. INTRODUCTION, METHODS, RESULTS, DISCUSSION, PRACTICAL APPLICATIONS, ACKNOWLEDGMENTS, and REFERENCES) in this exact order:

A. Introduction. This section is a careful development of the hypotheses of the study leading to the clear purpose of the investigation. It should include the practical question that forms the basis of the study and how it may influence strength and conditioning practices. In most cases use no subheadings in this section and try to limit it to 4 - 6 concisely written paragraphs. The subject matter does not have to be exhaustively reviewed in this section.

B. Methods. Within the METHODS section, the following subheadings are required in the following order: "Experimental Approach to the Problem," where the author(s) show how their study design will be able to test the hypotheses developed in the introduction and give some basic rationales for the choices made for the independent and dependent variables used in the study; "Subjects," where the authors include the Institutional Review Board or Ethics Committee approval of their project and appropriate informed consent has been gained. Eligibility criteria for subject selection should be included in the manuscript. Authors should include relative descriptive information such as age, height, body mass, and when appropriate the training status and training history of the subjects, e.g. years of training or sport experience.

C. Results. Present the results of your study in this section. Put the most important findings in Figure or Table format and less important findings in the text. Do not include data that is not part of the experimental design or that has been published before. Authors should not replicate data present in the text in tables or figures.

D. Discussion. Discuss the meaning of the results of your study in this section. Relate them to the literature that currently exists and make sure you bring the paper to completion with each of your hypotheses. Authors should emphasize the new and unique findings of the study. Conclusions should be supported by the data presented. Limit obvious statements like, "more research is needed."

E. Practical Applications. In this section, tell the "coach" or practitioner how your data can be applied and used. It should reflect the answer to the question posed in the Introduction. It is the distinctive characteristic of the JSCR and supports the mission of "Bridging the Gap" for the NSCA between the laboratory and the field practitioner.

## 5. References

All references must be alphabetized by surname of first author and numbered. References are cited in the text by numbers [e.g., (4,9)]. All references listed must be cited in the manuscript and referred to by number therein. For original investigations, please limit the number of references to fewer than 45 or explain why more are necessary.

## 6. Acknowledgments

In this section you can place the information related to identification of funding sources; current contact information of corresponding author; and gratitude to other people involved with the conduct of the experiment. In this part of the paper the conflict of interest information must be included. In particular, authors should: 1) Disclose professional relationships with companies or manufacturers who will benefit from the results of the present study, 2) Cite the specific grant support for the study and 3) State that the results of the present study do not constitute endorsement of the product by the authors or the NSCA. Failure to disclose such information could result in the rejection of the submitted manuscript.

## 7. Figures

Figure legends should appear on a separate page, with each figure appearing on its own separate page. One set of figures should accompany each manuscript. Use only clearly delineated symbols and bars. Please do not mask the facial features of subjects in figures. Permission of the subject to use his/her likeness in the Journal should be included in each submission.

Electronic photographs copied and pasted into Word and PowerPoint will not be accepted. Images should be scanned at a minimum of 300 pixels per inch (ppi). Line art should be scanned at 1200 ppi. Please indicate the file format of the graphics. We accept TIFF or EPS format for both Macintosh and PC platforms. We also accept image files in the following Native Application File Formats:

- \_ Adobe Photoshop (.psd)
- \_ Illustrator (.ai)
- \_ PowerPoint (.ppt)
- \_ QuarkXPress (.qxd)

If you will be using a digital camera to capture images for print production, you must use the highest resolution setting option with the least amount of compression. Digital camera

manufacturers use many different terms and file formats when capturing high-resolution images, so please refer to your camera's manual for more information.

**Placement:** Make sure that you have cited each figure and table in the text of the manuscript. Also show where it is to be placed by noting this between paragraphs, such as Figure 1 about here or Table 1 about here.

**Color figures:** The journal accepts color figures for publication that will enhance an article. Authors who submit color figures will receive an estimate of the cost for color reproduction in print. If they decide not to pay for color reproduction in print, they can request that the figures be converted to black and white at no charge. All color figures can appear in color in the online version of the journal at no charge (Note: this includes the online version on the journal website and Ovid, but not the iPad edition currently)

## **8. Tables**

Tables must be double-spaced on separate sheets and include a brief title. Provide generous spacing within tables and use as few line rules as possible. When tables are necessary, the information should not duplicate data in the text. All figures and tables must include standard deviations or standard errors. Please be careful to limit tables that extend to multiple Word document pages.

## 7 Vedlegg

### 7.1 Vedlegg 1

#### **Samtykke til deltakelse i studien**

Jeg er villig til å delta i studien og har mottatt informasjon om prosedyrene

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Om du er under 18 år, skal en foresatt samtykke til din deltakelse.

---

(Signert av foresatte til prosjektdeltaker, dato)

*For personell:*

Jeg stadfester å ha gitt informasjon om prosjektet

---

(Signert, rolle i studie, dato)

### 7.2 Vedlegg 2

#### **Deltaker karakteristikk**

**Forsøkspersonsnr:**

**Hva slags type disiplin bedriver du mest med?**

Sportsklatring

Buldring

Speed

Tradisjonellklatring

**Redpoint:**

---

**Hvor mange år har du bedrevet med klatring/buldring?**

---

**Treningsmengde (Timer i uken)**

*Ledklatring:* \_\_\_\_\_

*Buldring:* \_\_\_\_\_

*Styrketrening(generell):* \_\_\_\_\_

*Utholdenhetstrening(generell):* \_\_\_\_\_