

Magnus Børresen

Effekten av styrketrening ved ulike muskellengder på adaptasjoner
i muskelarkitektur og muskelfunksjon

Masteroppgave i Idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges Idrettshøgskole, 2014

Innholdsfortegnelse

Forord.....	6
Sammendrag	7
1.0 Introduksjon.....	9
2.0 Teori.....	10
2.1 Muskel morfologi.....	10
2.2 Muskel arkitektur.....	10
2.3 M. vastus lateralis.....	11
2.4 Kraftoverføring i Muskulaturen.....	11
2.4.1 Muskelarkitekturen modulerer kraftoverføringen.....	12
2.4.1.1 Forkortningshastighet.....	12
2.4.1.2 Maksimal kraftutvikling.....	13
2.4.1.4 Forandring i sarkomerlengder.....	14
2.4.2 Kraftutvikling under muskel kontraksjon.....	16
2.5 Dreiemoment.....	16
2.6 Sammenheng mellom muskelarkitektur og kraftutvikling.....	18
2.7 Stimuli som modulerer muskelarkitektur.....	18
2.7.1 Effekt av styrketrening på muskeltykkelse og fasikkelvinkel.....	18
2.7.2 Effekt av styrketrening på fasikkellengde.....	19
2.7.3 Effekt av kontraksjonshastighet.....	19
2.7.4 Effekt av kontraksjonstype.....	20
2.7.5 Effekt av kronisk lengdeforandring.....	22
2.7.6 Effekt av lengdeforandring ved aktivitet.....	22
3.0 Metode.....	23
3.1 Rekruttering	23
3.2 Forsøkspersoner.....	23
3.2.1 Fysiske forutsetninger.....	23
3.2.2 Gruppeinndeling.....	24
3.2.3 Inklusjons-/ og eksklusjonskriterier.....	24
3.2.4 Ethiske betraktninger.....	24
3.3 Utstyr.....	25
3.3.1 Ultralyd.....	25

3.3.2	Registrering av dreiemoment.....	25
3.3.3	Treningsapparat.....	25
3.4	Prosedyre.....	26
3.4.1	Trening.....	26
3.4.1.1	Oppvarming.....	26
3.4.1.2	treningsfrekvens.....	26
3.4.1.3	Bevegelsesbane.....	26
3.4.1.4	Belastning.....	28
3.4.1.5	Pauser.....	28
3.4.1.6	Progresjon.....	29
3.4.2	Testing.....	29
3.4.2.1	Pre og post tester.....	29
3.4.2.2	Ultralyd.....	29
3.4.2.3	Ultralyd- liggende.....	29
3.4.2.4	Oppvarming.....	31
3.4.2.5	Styrketester.....	31
3.4.2.6	Ultralyd ved styrketester.....	32
3.4.2.7	Spørreskjema.....	33
3.5	Analyser.....	33
3.5.1	Data synkronisering.....	33
3.5.2	Dreiemoment	35
3.5.3	Muskel arkitektur.....	36
3.5.3.1	Muskel tykkelse.....	36
3.5.3.2	Fasikkel vinkel.....	36
3.5.3.3	Fasikkel lengde.....	37
3.5.4	Statistikk.....	38
5.0	Resultater.....	38
5.1	Drop out.....	38
5.3	Gjennomføring.....	39
5.4	Muskel styrke.....	39
5.5	Muskelarkitektur.....	41
5.5.1	Muskeltykkelse.....	41
5.5.2	Fasikkelvinkel.....	42

5.2.3 Fasikkellengde.....	42
6.0 Diskusjon.....	43
6.1 Hovedfunn.....	43
6.2 Styrke.....	44
6.3 Fasikkelvinkel.....	46
6.4 Fasikkellengde.....	47
6.5 Aktiveringsgrad.....	48
7.0 Konklusjon.....	50
8.0 Fremtidig forskning.....	50
9.0 Begrensninger.....	51
10.0 Referanser.....	52
Figur og tabell oversikt.....	62
Vedlegg.....	63
Forespørsel om deltagelse i prosjektet.....	63
Spørreskjema til forsøkspersoner.....	68

Forord

Ut i fra at jeg har vært aktiv idrettsutøver for så lange jeg kan huske og tilbragt ¼ av mitt korte liv som student ved Norges Idrettshøyskole, kan man trygt si at jeg er over gjennomsnittlig interessert i idrett og mekanismen bak en fysisk prestasjon. Ved tilknytning til seksjon for fysisk prestasjonsevne (SPF) ved Norges Idrettshøgskole har jeg i de siste årene fått muligheten til og hatt gleden av å jobbe tett med mange kompetente, produktive og hyggelige mennesker.

Først og fremst må jeg få takket min hovedveileder Olivier Seynnes som foreslo prosjektet, og som har vært helt unnværlig for meg i denne prosessen. Takk for at du alltid har hatt en åpen dør, og at du alltid har tid til å svare på mine mange spørsmål. Setter også pris på at du har tatt hensyn til idretten min og at du har lagt til rette for at jeg kan drive med den for fulgt ved siden av å fullføre et master studium. Jeg må også rette en stor takk Til Jens Bojsen- Møller som har vist stor interesse for prosjektet og kommet med mange konstruktive ideer og synspunkter underveis.

I forbindelse med at jeg har vært aktiv idrettsutøver i løpet av mine år som student ved Norges idrettshøyskole, må jeg også takke studieadministrasjonen som har vært meget behjelpelig og fleksibel med tilrettelegging for kombinasjonen av toppidrett og utdanning.

Jeg må ellers få takke alle ansatte ved SFP som har hjulpet meg med små og store metodiske problemer underveis, og for at dere alltid har vært inkluderende og tatt meg godt imot selv om jeg har vært mye ute på reise, og dere ikke har sett meg hver dag. Også en stor takk til alle forsøkspersonene som meldte seg frivillig til dette studiet og som holdt ut med meg en hel høst. Å si at: uten dere hadde dette ikke vært mulig, er ingen overdrivelse, men snarere en realitet. Sist må jeg få takke familie og venner som har støttet meg og vært behjelpelig både på og utenfor det akademiske plan.

Magnus Børresen

Oslo, Oktober 2014

Sammendrag

Innledning: Kraftutviklingen i skjelett muskulatur ser i stor grad ut til å være avhengig av muskelarkitekturen. I sammenheng med tradisjonell muskelhypertrofi som følge av styrketrening ser også fasikkelvinkel ut til å være sterkt påvirket av styrketrening. Stimuliet som induserer adaptasjoner i fasikkellengden, ser derimot ut til å være noe uavklarte og flere mulige faktorer er foreslått å spille en rolle. Både langvarige lengdeforandringer av muskulaturen og belastning under trening ser ut til å spille en avgjørende rolle, men få studier har sett på kombinasjonen av slike stimuli under en treningsintervensjon.

Hensikt og hypotese: Dette studiet ser derfor på effekten av styrketrening ved ulike muskellengder for å avgjøre dens innvirkning på adaptasjoner i muskelarkitekturen. Hypotesen i dette studiet er at muskelarkitekturen vil forandre seg ulikt avhengig av om musklene blir aktivert i en forlenget eller forkortet tilstand

Metode: 10 unge friske menn og kvinner (alder: 22.9 ± 3.8 år, høyde 1.78 ± 0.09 m, vekt 73.1 ± 7.8 kg) deltok i et treningsregime der de skulle trene ett bens dynamiske konsentriske kneekstensjoner 3 x/uke i 10 uker med en belastning tilsvarende 80% av 1RM. Det ene benet trente med en leddvinkel fra $60-10^\circ$ knevinkel (kort muskel), mens det kontralaterale benet trente fra $100-60^\circ$ knevinkel (lang muskel).

Registrering av isometrisk dreiemoment og ultralyd målinger av muskeltykkelse, fasikkelvinkel og fasikkellengde ble gjort ved 3 forskjellige knevinkler (20° , 60° , 100°) før og etter treningsintervensjonen både i hvile og når muskelen var maksimalt kontrahert. I tillegg ble det gjort målinger i liggende posisjon da muskelen var avslappet.

Resultater: Økningen i 1RM var signifikant for både kort muskel (31.4 ± 16.6 % $p < 0.001$), og lang muskel (49.4 ± 24.8 % $p < 0.001$). Det ble registrert en økning i muskeltykkelse for både kort (4.9 ± 4.2 % $p = 0.007$) og lang muskel (8.6 ± 5.9 % $p = 0.002$). Fasikkelvinkel og fasikkellengde forandret seg lite som følge av styrketrening, men en tendens til en større økning kunne spores hos lang muskel sammenlignet med kort. 8.9 ± 15.1 % vs. 16.1 ± 18.1 % for fasikkelvinkel og 0.2 ± 8.4 % vs. 7.5 ± 10.6 % for fasikkellengde .

Konklusjon: Studiet viser en klar effekt av styrketrening på muskelarkitektur, men adaptasjoner i muskelarkitekturen ser ikke ut til å være betinget av muskelens arbeidslengde. Ved trenings- protokollen gjennomført i dette studiet er det allikevel tendenser til at trening ved lange muskellengder viser noen større adaptasjoner i

muskelarkitektur enn kort muskel, og et større trenings stimuli for lang muskel kan muligens forklare disse tendensene.

1.0 Introduksjon

Musklene i kroppen er selve drivverket bak fysiske utfoldelse, og å forstå muskelens morfologi er helt avgjørende for å utvikle vår kunnskap om muskel funksjon. Ved å avdekke hvordan muskel morfologi kan reguleres ved trening, vil treningsregimer som er effektive med tanke på å øke den fysiske prestasjonen kunne skapes. Denne kunnskapen er spesielt nyttig i idrettssammenheng, da det knapt finnes en idrett i verden som ikke er direkte avhengig av musklens evne til å produsere kraft. Evnen til maksimal kraftutvikling er direkte proporsjonal med muskelmassen, og styrketrening ser ut til å være den treningsformen som mest effektivt forbedrer denne egenskapen til muskelen. I idrettssammenheng er det nødvendigvis ikke den maksimale kraftutviklingen som er avgjørende for prestasjon, men også hastigheten på kraftutviklingen er av helt avgjørende betydning. Når vi ser på kraftutvikling i forhold til tid, blir det klart at muskelfibrenes orientering innad i muskelbuken er en avgjørende faktor. Fasikkelvinkel og muskeltykkelse er faktorer i muskelarkitekturen som er vel undersøkt, og mekanismene som fører til adaptasjoner i disse parameterne ser det ut til å være bred enighet rundt. Treningsinduserte stimuli som fører til adaptasjoner i fiberlengde er derimot enda ikke vel kjent. Nyere forskning har så vidt sett inn på de mulige mekanismene av at en lengdeforandring i muskulaturen under aktivering kan påføre longitudinelle adaptasjoner i muskulaturen som kan forbedre muskelens funksjon under nye forutsetninger (McMahon m.fl. 2014).

Hensikten med dette studiet er derfor å sammenligne muskel arkitektur adaptasjoner etter styrke trening innenfor to forskjellige leddvinkel områder, der musklene jobber under ulike lengdeforhold. Hypotesene i dette studiet er at 1) styrketrening av kne ekstensorer på forskjellige leddvinkler vil forandre muskelarkitekturen ulikt, og at 2) disse forandringene vil gi musklene ulike kontraktile egenskaper.

Den første delen av denne oppgaven vil ta for seg hvilke forutsetninger muskelen har for kraftutvikling og hvilke studier som tidligere har sett på stimuli som regulerer muskelarkitekturen. Deretter vil en detaljert beskrivelse av studiets oppbygging og gjennomføring beskrives, etterfylt av framleggelse av funn og diskusjoner rundt disse.

2.0 Teori

2.1 Muskel morfologi

Musklene er bygd opp av muskelfibre og det samlede antallet og størrelse på disse fibre utgjør massen til muskelen. Muskelmassen er med på å bestemme hvor mye kraft en muskel kan generere (Close 1972). For å bryte det ned, inneholder hver muskel bunter med muskelfibre. Disse er omtalt som fasikler og består av et ti talls muskelfibre. Hver enkelt fiber er igjen bygd opp av myofibriller, og en fiber med rundt 100 μm i diameter inneholder ca. 8000 myofibriller. De viktigste kontraktile proteinene i myofibrillene er aktin og myosin, og hver myofibrill med en tenkt diameter på 1 μm inneholder ca. 450 myosinfilamenter og 900 aktinfilamenter (McArdle m.fl. 2010). Selv om det finnes mange andre viktige regulatoriske proteiner som f. eks troponin, tropomyosin, nebulin og titin (Dahl 2008), er det allikevel myofilamentene som er de essensielle og som sørger for at muskelen forkortes når den blir aktivert. Hvert aktin-myosinkompleks er avgrenset ved det vi kaller Z-skiver. Det som utgjør myofibrillen mellom to Z-skiver kaller vi for en sarkomer. Over en lengde på 1 cm består hver av myofibrillene av ca. 4500 sarkomerer, og når vi vet at en muskelfiber kan bli over 50 cm lang (m. Sartorius) (Yamaguchi m.fl. 1990), gir alt dette et lite bilde av hvor mye kontraktile materiale det er i hver fiber. En muskelfiber kan hypertrofiere (i denne sammenheng øke mengden kontraktile proteiner) ved enten å addere aktin og myosin filamenter innad i sarkomeren i parallell, legge til flere myofibriller i parallell, eller legge til sarkomerer i serie. Det sistnevnte er også kjent som sarkomerogenese (Raastad m.fl. 2010).

2.2 Muskelarkitektur

Muskelarkitektur er definert som muskelfibernes orientering i forhold til retningen lengdeaksen til hele muskelen (Lieber 1992, Azizi m.fl. 2008, Dahl 2008). Faktorer som ligger under begrepet muskelarkitekturen er fasikkellengde, fasikkelvinkel og muskeltykkelse. Fasikkellengde er definert som avstanden mellom innfestningen til fasikkelen i den dype aponeurosen til innfestingen av den samme fasikkelen på den superfisielle aponeurosen. Fasikkelvinkel er definert som vinkelen mellom fasiklene og aponeurosen. Her skiller man ofte mellom øvre og nedre fasikkelvinkel. Muskeltykkelse er definert som den korteste avstanden fra den dype til den superfisielle aponeurosen. Ut i fra muskelfibrenes orientering kan vi klassifisere

musklene. Hos spoleformede muskler er fibre orientert langs lengdeaksen, mens hos fjærformede muskler er fibre orientert med viss fasikkelvinkel.

2.3 M. vastus lateralis

M. vastus lateralis er en typisk fjærformet muskel. Den består av kun én muskelbuk og har sitt utspring proksimalt på femur, like distalt for Linea Intertrochanterica og noe lateralt og distalt for nedre del av Trochantor major (Sobotta 2006). Distalt går den sammen med bindevev fra resten av quadriceps muskulatur og danner en sene som fester seg til Basis patellae. Derfra kan den bidra til å skape et dreiemoment rundt kneleddet ved å virke igjennom patellarsenen på festepunktet Tuberositas tibiae frontalt på Tibia. Muskelen er en av fire muskler som utgjør quadriceps muskulaturen. M. Quadriceps femoris er den eneste muskelen som bidrar til kneekstensjon og vastus gruppen (lateralis, medialis og intermedius) bidrar med over 80 % av kraften som produseres av m. quadriceps femoris, mens de resterende 20 prosent kan tilskrives m. Rectus femoris (Hoy m.fl. 1990).

2.4 Kraftoverføring i muskulaturen

Uten å gå inn på de kjemiske signalene som fører til muskelkontraksjon kan kraftoverføringen i muskel grovt forklares ved at når sarkomerer forkortes, forkortes følgelig hele myofibrillen. Myofilamentene har ingen evne til å forkorte seg, men ved å forandre posisjonen sin i forhold til hverandre, endres lengden til hele muskel fiberen. Ved Z- skivene er myofibriller festet samme via intermediære fibre slik at man også får en lateral kraftoverføring lokalt i fiberen. Dette gjør at myofibriller dypt inne i muskelfibre også kan påvirke kraftoverføringen, og det er beregnet at så mye som 50 % av kontraksjonskraften overføres uten at myofibrillene har en myotendinøs forbindelse (Dahl 2008). De ytterste myofibrillene er igjen festet til sarcolemma ved hjelp av costamerer (forankringspunkter) (Dahl 2008). Fibrene overfører så kraften som genereres via bindevevet som omkranser fibre (endomysiet), fasiklene (perimysiet) og muskelbuen (epimysiet) til senen. Senen er alltid festet på den andre siden av et ledd i forhold til utspringet til muskelen. På denne måten kan muskelen skape et dreiemoment rundt leddaksen.

Kraften i en aktivert muskel er summen av kraften som det kontraktile apparatet gir pluss kraften fra passive strukturer. Maksimal kraftoverføring for muskelvev som er

maksimalt aktivert ved en isometrisk kontraksjon ser ut til å ligge på ca. 20-40 N per cm^2 tverrsnitts areal (Raastad m.fl. 2010, McArdle m.fl. 2010). Seynnes m.fl. 2007 rapporterer om tverrsnitts målinger på 22-24 cm^2 i vastus lateralis. Totalt har m. quadriceps femoris et typisk tverrsnitts areal på rundt 100 cm^2 og kan da skape et drag i patellarsenen på ca. 3000 N (Raastad m.fl. 2010). Dette er følgelig et gjennomsnitt og det finnes store individuelle variasjoner. Seynnes m.fl. 2007 fant noe mindre tverrsnitt hos unge (20 ± 2 år) menn og kvinner på rundt 70 cm^2 og det samme var sett hos Rutherford 1986.

2.4.1 Muskelarkitekturen modulerer Kraftutviklingen

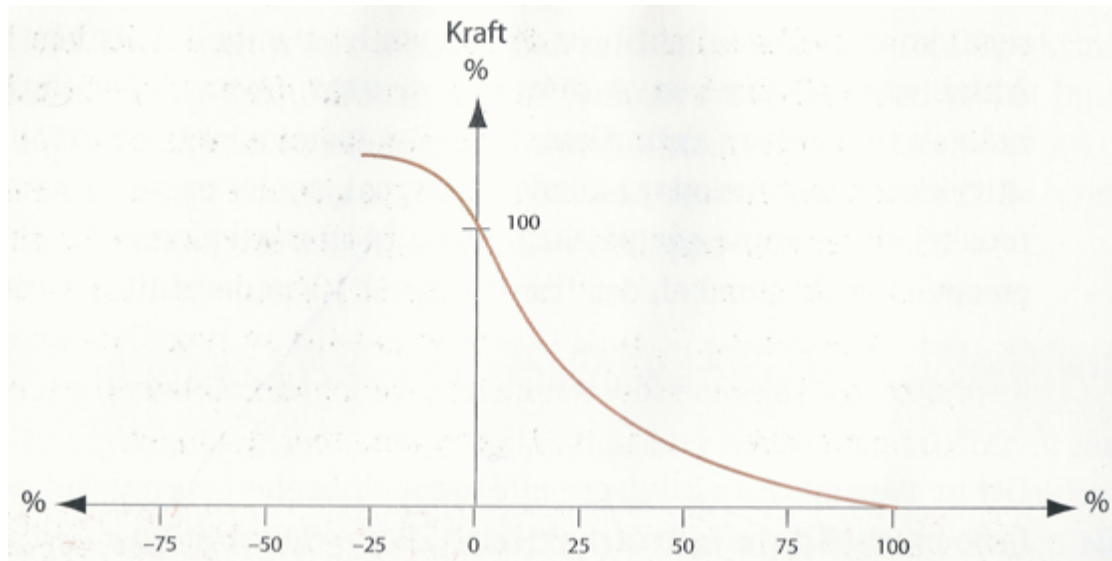
Evnen muskelen har til å utvikle kraft er sterkt påvirket av forandringer i muskelarkitekturen, og totalkraften en muskel kan generer, er den samlede dekomponerte kraften muskelfiberne utvikler langs muskelens lengdeakse (McArdle m.fl. 2010). Det kan se ut til at kraftutviklingen til sarkomerene er forholdsvis uniform i skjelettmuskulatur hos mennesker (Fukunaga m.fl. 1996), mens størrelsen og hastigheten på kraften utviklet av muskelen bestemmes av fasikkelvinkelen, fasikkel lengde, mengden kontraherende materiale og muskelfibertype. Foreløpig er det usikkert om muskelfibertype påvirker den maksimale kontraksjonskraften ved en tettere konsentrasjon av kontraktile proteiner, og det ser ut til at muskelens tverrsnitt korrelere med mengden kontraktile materiale. Hvordan kontraktile og essensielle proteinene er ”pakket” i muskelen er av avgjørende betydning for kraftutviklingen.

2.4.1.1 Forkortningshastighet

In Situ, kan den maksimale forkortningshastigheten til en muskelfiber bli sett på når fiberen blir maksimalt aktiverte mot en motstand som er tilnærmet lik null. Ved en gitt forkortningshastighet på ”sarkomer nivå”, vil en økning i antall sarkomerer i serie føre til at hele muskelfiberen får en raskere forkortningshastighet. Dette vil til slutt resultere i en hurtigere forandring i leddvinkel ved en gitt kraftutvikling og med det en mer eksplosiv muskel. Eksplosiv muskel styrke er definert ut i fra (ratioen kraft/tid). Med andre ord: hvor lang tid det tar fra initieringen av muskelaktivering til å nå en gitt kraft (Aagaard m.fl. 2002) Ved en lavere forkortningshastighet vil flere tverrbroer ha mulighet til å være i inngrep og kraftutviklingen innad i hver sarkomer vil dermed øke (Azizi m.fl. 2008). Ved økt sarkomerogenese vil man kunne redusere forkortningshastigheten for hver enkelt sarkomer og dermed få høyere kraftutvikling

uten redusere den totale forkortningshastigheten til selve muskelen.

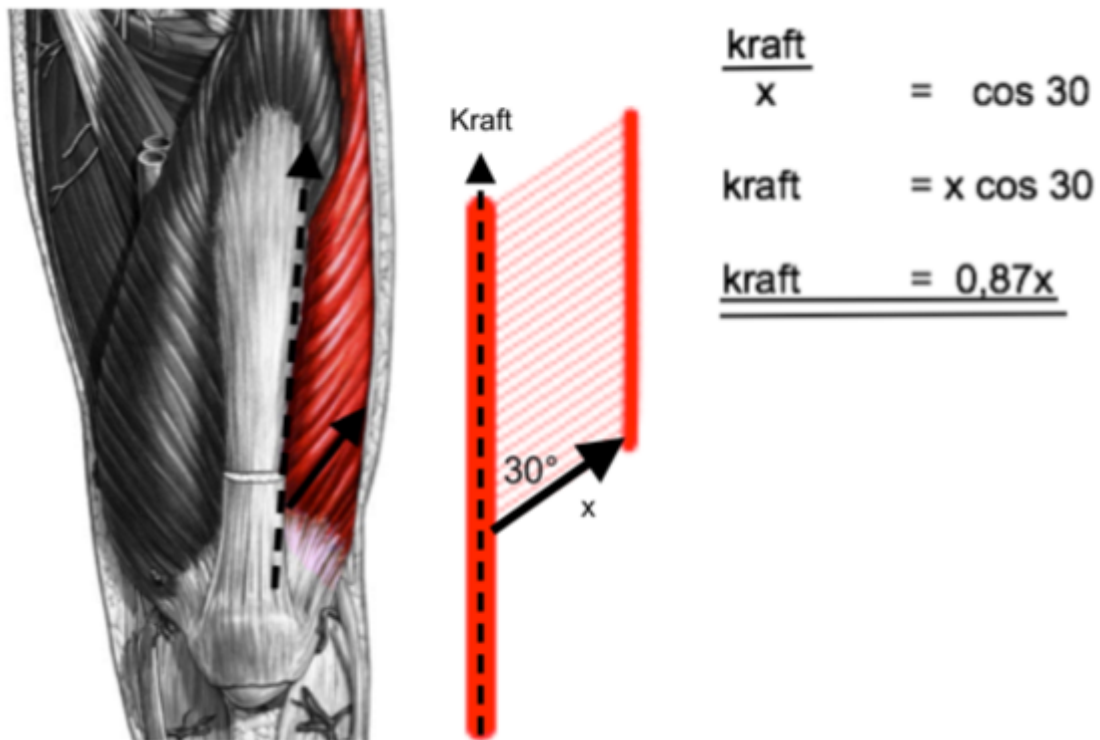
Kraftforkortningsforholdet i en muskelfiber kan illustreres ved Hills- kurve (Hill 1938)(figur x). Ved eksentriske kontraksjoner vil kraften øke ytterligere på grunn den elastiske effekten som oppstår når tverrbroene strekkes under interaksjon. Dette kalles for muskelens serie- elastiske element.



Figur 1 viser hvordan kontraksjonshastigheten (x-aksen) på en bevegelse påvirker kraftutviklingen (y-aksen) i muskelen. Kurven viser ikke en akselererende sammenhengende bevegelse, men må sees på som mange punkter tett i tett som hver og en representerer kraften som blir utviklet på en konstant forkortningshastighet

2.4.1.2 Maksimal kraftutvikling

muskelfibre med fler sarkomerer i parallell vil kunne skape en høyere kraft enn fibre med mange sarkomerer i serie, fordi tillegg av sarkomerer i parallell fører til en økning av kontraktilt materiale (Maganaris m.fl.1998). Flere sarkomerer i serie gjør at fiberen opptar mer plass i muskelbuen, og for å få plass til alle fibre må hver enkelt fiber få en høyere innfestingsvinkel i aponeuosen. Hvis muskelvolumet ikke skal øke, må nødvendigvis fibre bli kortere. Dette påvirker hastigheten og størrelsen på kraftutviklingen til hver enkelt fiber negativt. Korte fibre har en lavere forkortningshastighet enn lengre fibre på grunn av færre sarkomerer i serie. Det er observert fibre med en så høy innfestningsvinkel som 30 grader (McArdle m.fl. 2010, og ved en pennasjonsvinkel på 30 grader reduseres kraften for hver enkelt fiber med 13 % målt i lengderetningen til muskelen (Lieber og Frieden 2001).

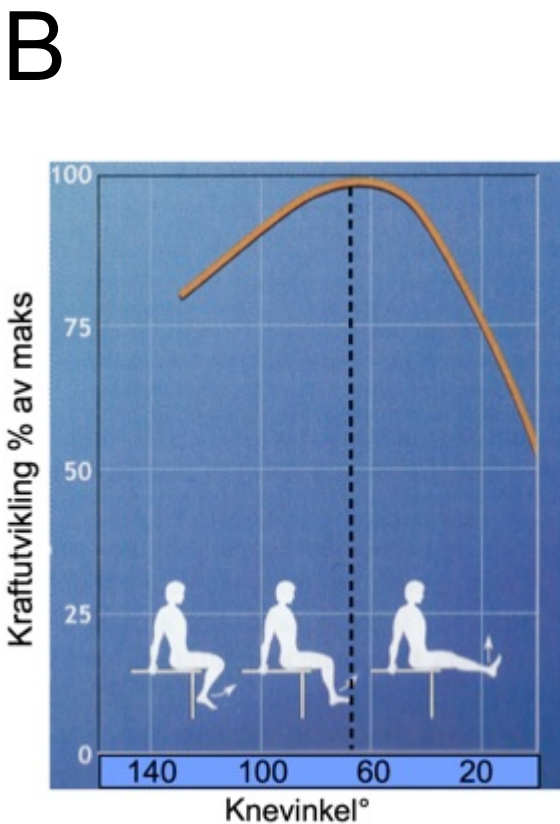
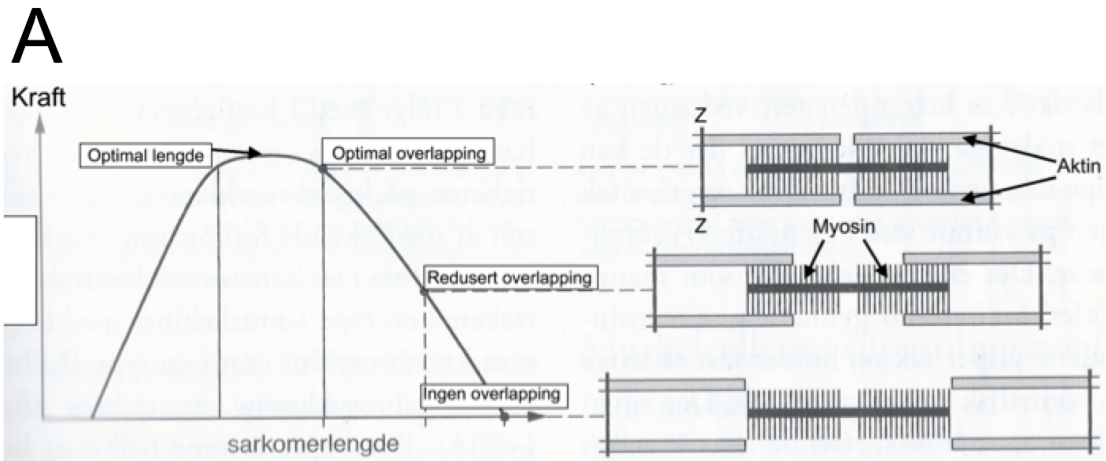


Figur 2 viser teoretisk hvordan kraftutviklingen til en muskel er påvirket av fasikkel vinkelen

Siden en muskel med skråstilte fibre kan få plass til mer kontraktile materiale innenfor samme muskellengde, vil ikke dette redusere den totale kraftutviklingen til muskelen (McArdle et al. 2010) og fjærformede muskler utvikler generelt mer kraft enn spoleformede grunnet et økt fysiologisk tverrsnitt (Neumann m.fl. 2002).

2.4.1.3 Forandring i sarkomer lengder

Kraftutviklingen er også avhengig av om musklene arbeider på en maksimal lengde. Det vil si om det er en optimal overlapping av aktin og myosinfilamenter slik at man kan ha flest mulig aktive tverrbroer. Kontraksjonskraften i en sarkomer er direkte proporsjonal med antall tverrbroer i inngrep (Dahl 2008), og derfor er lengden på sarkomeren ved aktivering av stor betydning for både kraftutviklingen og forkortningshastigheten (Goldspink og Harridge 1992)



Figur 3 A viser en sammenhengen mellom muskellengde og kontraksjonskraften i en muskel som teoretisk sett er spent opp mellom to punkter (in situ) og aktiveres maksimalt. Muskelens serie elastiske egenskaper er ikke tatt høyde for i denne fremstillingen, og kurveforløpet kan forklares ut i fra antall tverrbrøer i interaksjon. B viser hvordan dette får praktiske konsekvenser ved ulike Knevinkler under øvelsen dynamisk Kneekstensjon. Maksimal kraftutvikling kan observeres rundt en knevinkel på 70-80°.

Zuurbier og Huijing 1993 fant at sarkomerene i legg muskel hos rotter hadde ulike lengder målt ved samme muskellengde. Dette vil med andre ord si at det ikke er en optimal leddvinkel der alle sarkomerene har optimale arbeidsforhold. Maksimal

kraftutvikling oppnås derfor på den leddvinkelen hvor flest mulig sarkomerer har optimal lengde. Studier av isometrisk trening på forlengede muskellengder har vist at muskelens egenskaper endres slik at vinkelen der muskel utvikler maks kraft er nærmere den vinkelen muskelen har trent på over tid. (Raastad m.fl. 2010) Dette er et tegn på at muskelen har tilpasset antall sarkomerer i serie der overlappingen av myosin og aktin er optimal for den ”nye” leddvinkelen.

2.4.2 Kraftutvikling under muskel kontraksjon

Hittil er kraftutviklingen stort sett beskrevet ut i fra egenskaper til separerte muskelfibre, men hvis vi ser på kraftutviklingen i en funksjonell muskel, blir det sammensatte bildet litt annerledes. Det teoretiske bildet av muskel kontraksjon skissert i figur 2 er at avstanden mellom den dype og den superfisielle aponeurosen blir kortere på grunn av fiber sammentrekning, og at dette i seg selv forkorter muskelen. Dette er gunstig fordi kraftbidraget som hver muskelfiber produserer ikke blir redusert ytterligere, som følge av en økende fasikkelvinkel. Siden volumet til muskelen er konstant under arbeid må nødvendigvis fibre øke i tykkelse hvis de minsker i lengde. Rotasjon av muskelfibre forekommer derfor på grunn av en økt tykkelse av hver fiber under forkortning. En måte å adressere rotasjon på er å se på to forskjellige punkter i henholdsvis den dype og den superfisielle aponeurosen, og se hvordan de forandrer seg i forhold til hverandre langs med lengderetningen til muskelen (Bojsen- Møller m.fl. 2003). Økende fasikkelvinkel under kontraksjon som fører til en rotasjon av muskelfibre, vil totalt sett være positivt for forkortningshastigheten til muskelen. På grunn av rotasjon kan fjærformede muskler ha en høyere total forkortningshastighet enn det hver enkelt fiber har (Brainerd og Azizi 2005) og på den måte motvirke ”ulempen” av å ha kortere fibre når det kommer til forkortningshastighet. Dette vil være gunstig for å kunne opprettholde kraftutviklingen selv ved raske bevegelser (Randhawa 2013). Graden av fiber rotasjon ser ut til å minke ved høye kraftutviklinger, og det kan tenkes at muskelen modulerer dette mellom forhold som krever enten stor forkortning og lav kraft eller liten forkortning og høy kraft (Azizi m.fl. 2008)

2.5 Dreiemomentet

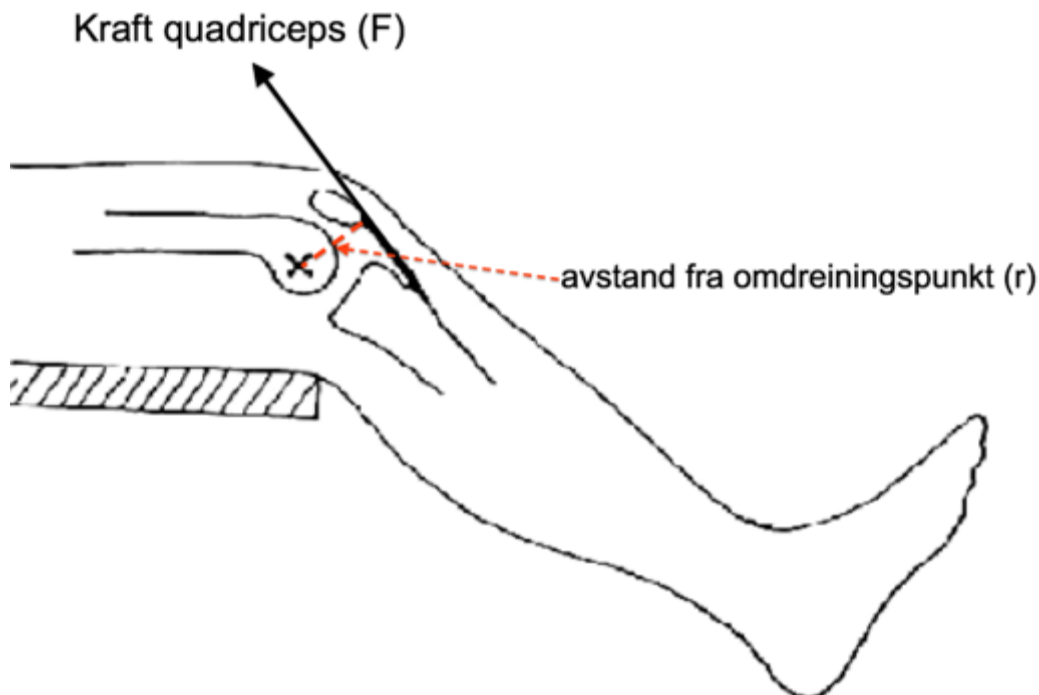
For en dynamisk kneekstensjon i apparat, kan ikke belastningen være høyere enn at det ytre dreiemomentet til enhver tid er mindre enn det indre dreiemomentet. Det

punktet hvor det først oppstår et misforhold mellom disse, er kjent som dødpunktet eller "sticking point" (refererer til samtidsformen av det engelske verbet to stick som betyr å stå stille/sitte fast). Dette punktet ligger på ca. 70-80° knevinkel for kneekstensjon (Raastad m.fl. 2010, Blazeovich m.fl. 2007b) og data fra Smith 1973 viser at innenfor en knevinkel fra 30- 80° er det indre dreiemomentet over 90 % av maksimum til enhver tid (se figur x).

Dreiemomentet er styrt av 2 faktorer. Kraften som utvikles og avstanden fra omdreiningsaksen denne kraften virker på målt vinkelrett på kraftutviklingen. Formelen for dreiemoment er:

$$\mathbf{T} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

Der r er avstanden fra rotasjonssenteret til kraftens utgangspunkt målt vinkelrett på kraftutviklingen (F)



Figur 4 viser en skjematisk fremstilling av hvordan m. quadriceps femoris skaper et dreiemoment rundt en frontal akse i kneleddet.

Ved en endring i knevinkel vil tibia forandre posisjon i forhold til femur og avstanden mellom kraften og omdreiningspunkter forandrer seg. Denne avstanden ser

ut til å være minst ved høye og lave knevinkler (Marshall m.fl. 1990). Som vi tidligere har sett fra undersøkelsen av kraftutvikling i sarkomerene (figur 3 A+ B) er dette også områder hvor maksimalkraften utviklet av muskelen er redusert i forhold til maksimal kraftutvikling. Ut i fra formelen for dreiemoment kan vi klart se at det indre dreiemomentet reduseres ved høye og lave knevinkler. Den praktiske konsekvensen av dette er at ved submaksimale belastninger vil det være tyngst for muskelen å jobbe ved disse leddvinklene. For at en bevegelse skal være konsentrisk, må alltid det indre dreiemomentet overgå det ytre dreiemomentet ved alle knevinkler (se kapittel 3.3.3 for mer om ytre dreiemoment i kneekstensjon.)

2.6 Sammenheng mellom Muskelarkitektur og kraftutvikling

Flere studier har funnet en sterk sammenheng mellom parametere som fiber vinkel, muskel volum, PCSA (fysiologisk tverrsnitt), styrke og kraft, og vist at kraftutviklingen i skjelettmuskulatur er sterkt påvirket av dens orientering av muskelfibrene (Aagaard m.fl. 2001, Kawakami m.fl. 1995, Lieber & Frieden 2000). Andre studier med tilsvarende stimuli, finner ingen (Blazevich m.fl. 2007a) eller små (Narici m.fl.1989) forandringer i muskelarkitektur på tross av en signifikante forbedringer i styrke. Å forsøke hvilke mekanismer som kan modulere muskelarkitekturen, er helt avgjørende om man ønsker å optimalisere muskel funksjon.

2.7 Stimuli som modulerer muskelarkitektur

Svært få studier er gjort på utholdenhetstrening og muskelarkitektur (Blazevich 2006) da slike aktivitetsformer i utgangspunktet har liten påvirkning på morfologien til musklene. De største morfologiske forandringer man får i muskulatur ser man etter et maksimalt tungt arbeid, og derfor bruker de fleste studier som ser på morfologiske adaptasjoner i muskelarkitektur styrketrening som fysisk stimuli.

2.7.1 Effekt av styrketrening på Muskeltykkelse og fasikkelvinkel

Muskel arkitekturen er høyst påvirkelig, og flere studier har funnet forandringer i fasikkel vinkel (Blazevich m.fl. 2007b, Aagaard m.fl. 2001, Suetta m.fl. 2008) etter en periode med styrketrening. Seynnes m.fl. (2007) viste at en økning i både muskeltverrsnittet og kraften til m. vastus lateralis ble fulgt av økt fasikkellengde og større fasikkelvinkel som følge av en periode med tung styrke trening. Dette kan

indikere at hypertrofien som ble registrert var et produkt av en økning av både sarkomerer i serie og i parallell. Kawakami m.fl. (1993) fant en signifikant forskjell mellom bodybuildere og moderat aktive menn når det kom til muskeltykkelse og fasikkelvinkel, der bodybuildere hadde signifikant større muskeltykkelse og fasikkelvinkel. Det ser med dette ut til å være en klar sammenheng mellom trening/muskel aktivitet og hypertrofi i form av økt tverrsnitt og økt fasikkelvinkel. At fasikkelvinkel er et produkt av økt muskeltykkelse er riktignok ikke gitt da et studie av Henriksen-Larsen m.fl. 1992 ikke fant noen sammenheng mellom muskel størrelse og fasikkelvinkel.

2.7.2 Effekt av styrketrening på fasikkel lengde

Selv om det er forholdsvis bred enighet om at fasikkelvinkelen øker etter en periode med styrke trening som en konsekvens av fibrenes rotasjon som følge av transvers vekst av fibre, er forskningen mer sprikende når det gjelder å finne forandringer i fasikkellengde som følge av styrketrening, og hvilke stimuli som induserer dem (Potier m.fl. 2009). Blazeovich m.fl. (2007a) gjorde forsøk på ikke- styrketrenede personer, og fant ingen forandring i fasikkellengde etter 5 uker med styrketrening. Man kan argumentere for at stimuliet for endring ikke varte lenge nok, men i samsvar med Blazeovich m.fl. (2007a), fant Kawakami m.fl. (1995) heller ingen signifikant endring i fasikkellengde, på tross av at protokollen hans bestod av et 16 ukers langt styrketreningsregime. Om det var noen endring i det hele tatt så var det tendenser til en reduisering i fasikkellengde.

2.7.3 Effekt av kontraksjonshastighet

I et tidligere studie fra Blazeovich m.fl. (2003) fant man en signifikant økning i muskeltykkelse, fasikkelvinkel og fasikkellengde, som et resultat av 5 ukers styrke og spensttrening, og forklarer det med at stimuliet som ble gitt avvirket sterk med det som forsøkspersonen var vant med. Siden både spenst og styrketreningsgruppen trente med et bevegelsesmønster som var relativt likt, konkluderer studiet med at den observerte forskjellen i muskelarkitektur mellom gruppene, mest sannsynlig skyldes forskjellig størrelse og hastighet på kraftutviklingen under øvelsene. Dette er i samsvar med Alegre m.fl. (2006) som fant en signifikant økning i fasikkellengde etter en periode med eksplosiv styrketrening med lette vekter sammenlignet med kontroll. Derimot ser det ut til at kraftutviklingen ved alle forkortningshastigheter er høyere for

muskler som har trent med en lav forkortningshastighet. Årsaker til dette kan være at ved trening på høy forkortningshastighet, aktiveres ikke de langsomme type I muskelfibrene, og stimuli for muskelvekst i disse fibrene er ikke tilstrekkelig (Caiozzo m.fl. 1981). Ved å sammenligne muskelarkitekturen til sprintere og langdistanseløpere, fant Abe m.fl. 2000 at sprintere hadde lengre fasikler og lavere fasikkelvinkel enn langdistanseløpere og at dette forbedret muskelens forkortningshastighet ved høy løps fart. Praksis av dette er vist av Kumagai m.fl. 2000 som viste at fasikkellengden er lengre og fasikkel vinkelen mindre hos gode sprintere sammenlignet med middels gode sprintere. Om forskjellene mellom gruppene i de to sistnevnte studiene er et resultat av ulik mengde høyhastighetstrening og løp ved høye vinkelhastigheter, eller nedarvede genetiske forutsetninger for å utvikle skjelett muskulatur, er umulig å vite ut i fra disse studiene. Uansett så kan muskelarkitekturen fortelle oss noe om egenskapene til muskelen.

2.7.4 Effekt av kontraksjonstype

Stimuliet som induserer forandringer i fasikkellengde er fremdeles ikke godt kjent, og enkelte studier har sett på muligheten for at det er noe annet enn kun muskel kontraksjon og kraftutvikling som påvirker dette. De fleste studier som er gjort på muskelarkitektur og adaptasjoner under fysisk aktivitet er gjort både under og etter en periode med konsentrisk muskelarbeid. En annen teori går ut på at lengdeforandringer i muskulaturen er kontraksjonstype betinget, og da ser man spesielt på ”strekk effekten” man får ved eksentrisk muskelarbeid. (Raastad m.fl. 2010) skisserer de mulige effektene ved å trene med motstand over 100 % av 1RM i eksentrisk fase, og at dette kan påvirke tverrsnitts arealet til musklene. En av teoriene bak en større økning i fibertverrsnittet ved eksentrisk trening, er foreslått av Goldspink 1970, og går ut på at et større drag i muskulaturen, som følge av eksentrisk trening, vil skape en fysisk splitting av sarkomerene ved Z-skivene, og at regenerering av essensielle og kontraktile proteiner i disse områdene øker myofibrill antallet (Raastad m.fl. 2010). Det er dessverre få studier som har sett på effekten av strekk på lengdevekst i muskulaturen, men Lynn m.fl. 1998 fant en økning av sarkomerer i serie på 12 % i rotte muskel etter eksentrisk muskelarbeid (løp i nedoverbakke), sammenlignet med muskel som hadde utført tilsvarende konsentriske kontraksjoner (motbakke løp) Det var en klar forskjell i kraft- lengde forholdet til musklene i de to gruppene etter trening, der eksentrisk trent muskel hadde en optimal kraftutvikling ved lengre

muskellengder enn konsentrisk trent muskel. I tråd med dette fant Butterfield m.fl. 2005 økt sarkomerogenese i vastus intermedius (VI) hos rotte som var trent eksentrisk i 10 dager. En slik økning kunne riktignok ikke observeres hos vastus lateralis (VL). For muskel som hadde trent konsentrisk var det en reduksjon i antall sarkomerer i serie for både VI og VL sammenlignet med kontroll. Det kan det tyde på at en lengre intervensjon trengs for å se en signifikant økning i sarkomerer i serie hos eksentrisk trent VL, da ingen endringer i sarkomer antall ble sett etter 5 dager i noen muskler under noen av treningsregimene. Selv om Potier m.fl. 2009 ikke undersøkte effekten mellom konsentrisk og eksentrisk trent muskel, fant de en økning i fasikkellengde på 34 % i m. biceps femoris etter 8 uker med eksentrisk styrketrening sammenlignet med kontrollgruppen, men endringen var ikke signifikant. Denne endringen er en del større enn det som har vært sett når man har undersøkt quadriceps muskulatur. Seynnes m.fl. 2007 og Blazevich m.fl. 2007b fant en økning på 5-10% i fasikkellengde etter et tilsvarende eksentrisk stimuli. Det kan derfor tyde på at adaptasjoner som følge av eksentrisk styrketrening er muskelspesifikke, og at ikke alle muskler reagerer likt på tilsvarende stimuli. Potier m.fl. 2009 fant ingen korrelasjon mellom økning i fasikkellengde og forbedret bevegelighet, men et øk bevegelsesutslag som følge av eksentrisk trening indikerer allikevel at det kan ha vært en økning av sarkomerer i serie.

Også når det kommer til forandringer i muskelarkitekturen som følge av ulike kontraksjonstyper er forskningen noe sprikende. Blazevich m.fl. 2007b fant ingen forskjell i hverken fasikkelvinkel eller fasikkellengde mellom konsentrisk og eksentrisk trent m. vastus lateralis etter en periode med styrketrening og noe av grunnen til de sprikende resultatene på området kan være de store variasjonene som gis som stimuli i ulike protokoller for eksentrisk trening. Variasjoner i form av ulike bevegelsesbaner, belastninger, dragtid og kontraksjonshastighet er faktorer som påvirker dette stimuliet. Et eksempel fra Koh og Herzog 1998 der de ikke fant endring i antall sarkomerer i serie i kaninmuskel etter et eksentrisk regime med lav totalbelastning (2 x 50 maks rep/uke), viser at treningsmengden er avgjørende for å fremkalle tilstrekkelige forandringer i fasikkellengde. Uansett så indikerer de motsatte observasjonen av sarkomerogenese i dyremuskel ved eksentrisk og konsentriske kontraksjoner gjort av Butterfield m.fl. 2005 at muskelen kan tilpasse seg nye arbeidsforhold ved å tilpasse antall sarkomerer i serie slik at det blir en optimal

overlapping av aktin og myosin og maks kraft kan oppnås ved en mer relevant leddvinkel (Williams & Goldspink 1978, Spector m.fl. 1982, Tabary m.fl. 1972, Williams og Goldspink 1973).

2.7.5 Effekt av kronisk lengdeforandring

Lengdeforandringer som følge av immobilisering av ekstremiteter i en forlenget eller forkortet periode over tid, er godt dokumentert i dyrestudier (Tabary m.fl. 1972, Williams og Goldspink 1978). Dette er, av naturlige grunner, en lite gunstig måte å modulere muskelarkitekturen på i praksis. Eventuelle adaptasjonene som oppstår etter et immobilisering studie vil som oftest følges av en muskelatrofi på grunn av at flere viktige signalveier til muskelvekst ikke blir stimulert (Raastad m.fl. 2010, Schott m.fl. 1995), Det er derfor kanskje ikke så uventet at Goldspink m.fl. 1974 fant en reduisering i sarkomerer i serie hos ekstremitet muskulatur som følge av immobilisering ved forkortede muskellengder, men i likhet med Williams & Goldspink 1976 fant de også en økning av sarkomerer i serie etter immobilisering i en forlenget posisjon. Ut i fra det kan det se ut til at stimuliet som initierer transvers muskelfiber hypertrofi, og med det økning i fasikkelvinkel og fysiologisk tverrsnitt, avviker fra det stimuliet som gir en addering av sarkomerer i serie.

2.7.6 Effekt av lengdeforandring ved aktivitet

Et mulig måte å øke fiberlengden på uten å miste muskelmasse på grunn av inaktivitet, kan være å gjennomføre tøyningsovelser. Som nevnt tidligere kan et økt bevegelsesutslag være en indikasjon på økt sarkomerogenese, og etter en periode med daglig tøyning av adduktor- muskulatur hos mennesker fant man et økt leddutslag i hoft abduksjon (Leivseth 1989). Det er få studier som har undersøkt effekten på fasikkellengde ved en kronisk forlengning av muskulatur hos mennesker, men i dyrestudier er dette dokumentert. Sola m.fl. 1973 fant en betydelig lengdevekst ved å la vingemuskelen til kyllinger jobbe under påvirkning av strekk over 8 uker. Dette viser at muskellengden kan øke i situasjoner hvor muskelen blir strukket ut over sin hvilelengde over tid. I et studie fra Williams m.fl. 1988 viser de at forandringer i antall sarkomerer i serie er betinget av kroniske lengdeforandringer i muskel. Sammen med Supinski og Kelsen 1982 fant de at diafragma hos hamstere med lunge emfysem hadde kortere fasikler sammenlignet med kontroll, på grunn av at sykdommen hadde tvunget muskelen til å jobbe på kortere fiberlengder. Det er derfor

trolig at fiberlenden muskel jobber på under fysisk anstrengelse kan være et undervurdert stimulus til fasikkellengde adaptasjoner (Williams m.fl. 1988). Det ser kun ut til å være et tidligere studie som har undersøkt effekten på muskelarkitektur ved trening på lange vs. korte muskellengder hos mennesker (McMahon m.fl. 2014). De fant riktignok også en klar forskjell i styrke økning, fasikkelvinkel og fasikkellengde etter 8 ukers styrketrening mellom to treningsregimer der muskelen trente under forlengede forhold sammenlignet med når muskel trent under korte forutsetninger. Treningsprotokollen var ganske omfattende for både forlenget og forkortet muskel, men arbeidet utført for forlenget muskel var allikevel en del større da den totale bevegelsesbanen var nesten dobbelt så stor som for forkortet muskel. Bevegelsesbanene i de to treningsforholdene overlappet også hverandre slik at effekten av å trene i ulike bevegelsesbaner, og dermed på totalt ulike muskellengder, ikke kunne vurderes.

På bakgrunn av det vi har sett av forskning på området rundt muskelarkitektur, er det klart at de mekanismene som påvirker fasikkellengde er svært omstridte. Det er mulig at arbeidslengden til muskelen er med på å bestemme graden av sarkomerogenese. Videre forskning på muskel arkitektur bør se på effekten av kontraktil aktivitet ved ulike muskellengder for å se på hva slags påvirkning dette har for forandringer i muskelarkitekturen.

3.0 Metode

3.1 Rekruttering

Alle forsøkspersonen i denne studien var studenter fra Norges Idrettshøgskole (menn 8, kvinner 3, alder 22.9 ± 3.8 , høyde 1.78 ± 0.09 , vekt 73.1 ± 7.8), og var forespurt og informert både skriftlig igjennom E-post utsendinger, og ved muntlig oppfordring i forbindelse med diverse forelesninger ved Norges Idrettshøgskole.

3.2 Forsøkspersoner

3.2.1 Fysiske forutsetninger

Forsøkspersonene hadde en middels aktiv livstil både før og under deltagelsen i studiet. Selv om aktivitetsformene og aktivitetsnivået for hver enkelt forsøksperson varierte noe, hadde mange av dem det samme aktivitetsmønsteret, da de gjennom felles studieløp var underlagt obligatorisk fysisk undervisning parallelt med deltagelse

i forskningsprosjektet. Dette var ikke ytterligere kontrollert for, annet enn at forsøkspersonene fylte ut et spørreskjema (vedlegg 2) i etterkant av studien der de, ut i fra egen hukommelse, skulle gjengi ca. hvor mange timer i uken de hadde bedrevet ulike fysiske aktiviteter.

3.2.2 Gruppeinndeling

Alle forsøkspersonene trente unilaterale dynamiske kneekstensjoner på begge ben, men igjennom ulike knevinkler for hvert ben. Randomisering ble brukt for å bestemme hvilket ben/muskulatur som skulle trene under forlengede eller forkortede forhold. På bakgrunn av resultatene fra Kearns m.fl. 2001 ble det forsikret at antallet dominante ben var tilnærmet likt i hver gruppe.

3.2.3 Inklusjon-/ og eksklusjonskriterier

Inklusjonskriteriene for deltagelse i forskningsprosjektet var at man:

- Var mellom 18 og 35 år gammel.
- Ikke var eliteutøver innenfor en idrett.
- Var i middels til god fysisk form
- Ikke bedrev regelmessig styrketrening på ben muskulatur for øyeblikket.

For å kunne delta i prosjektet måtte forsøkspersonen fraskrive seg muligheten for å bedrive annen styrketrening på benmuskulatur enn det som var pålagt av studiet selv, for så lenge studiet pågikk. De sto allikevel fritt til å opprettholde sitt vante aktivitetsnivå. Hvis Ikke forsøkspersonen var i stand til å gjennomføre minimum 90 % av den planlagte treningen ble resultatene ekskludert fra studien.

3.2.4 Ethiske betraktninger

Alle forsøkspersoner ble informert både muntlig og skriftlig om mulige konsekvenser ved deltagelse i studien. Deltagelsen var fullt og helt frivillig, de kunne på et hvilket som helst tidspunkt i løpet av prosjektet trekke sitt samtykke uten å oppgi grunn, og ingen flere spørsmål ville bli stilt. Prosjektet har også blitt vurdert av regionale komiteer (REK) for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, og følger retningslinjer fastsatt av Helsinki deklarasjonen.

3.3 Utstyr

3.3.1 Ultralyd

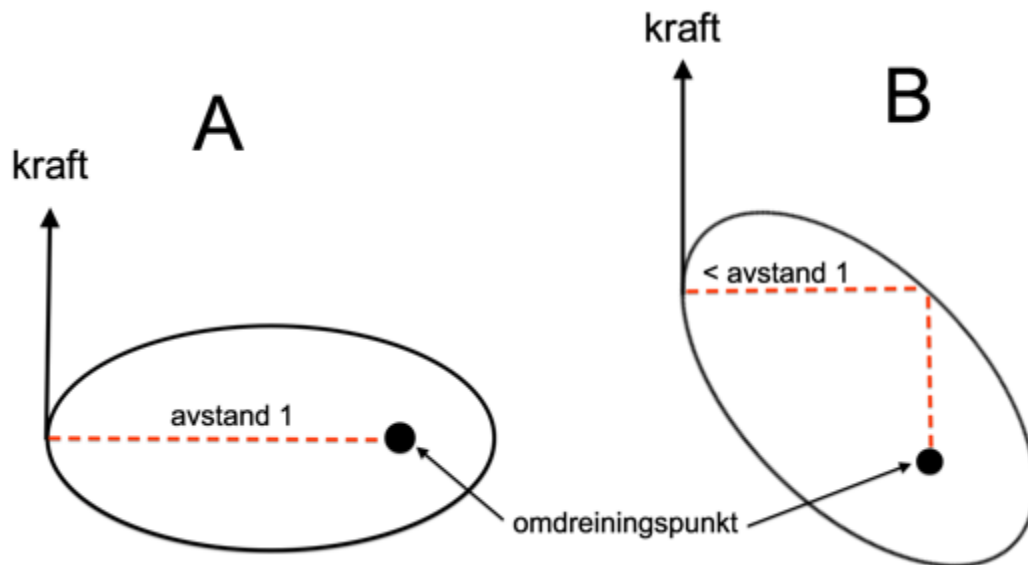
for å registrere muskelarkitektur i vivo under hvile, samt under dynamiske og isometriske kontraksjoner, ble et B- mode ultralydsystem HD11XE, Phillips Bothell, WA, USA) med en bredbånd lineær transduser (112-5) benyttet.

3.3.2 Registrering av dreiemoment

For å registrere isometrisk og dynamisk dreiemoment ved ulike leddvinkler ble et isokinetisk dynamometer Humac ® /NormTM Model 770, Revisjon 2.0.3, Computer Sports Medicine, Inc. CSMI, Stoughton, MA USA brukt.

3.3.3 Treningsapparat

Forsøkspersonene både trente og testet maks styrke (1 gang/uke) igjennom hele intervensjonen i et kne ekstensjons apparat (Technogym leg extension, Class:2SC, Gambettola, Italia). Apparatet er basert på et prinsipp der den ytre belastningen blir ledet rundt en elliptisk skive. Denne skiven er stilt inn slik at den ytre momentarmen blir størst i de delene av bevegelsen der det indre dreiemomentet er størst, og hensikten er å tilpasse det ytre dreiemomentet til det indre under så store deler av bevegelsesbanen som mulig. Frivekter (Vekskive gummi 0.5 kg, Chr. Mobeck Treningsspesialisten AS, Oslo, Norge) ble benyttet i apparaturen for å nøyaktig kunne regulere små belastningsendringer.



Figur 5 viser hvordan belastningen er lik, mens dreiemomentet endrer seg på grunn av rotasjonen til ellipse skiven. Avstanden til rotasjonscenteret målt vinkelrett på kraftutviklingen er mindre i (B), dette reduserer også dreiemomentet som muskelen må jobbe i mot i forhold til (A).

3.4 Prosedyre

3.4.1 Trening

3.4.1.1 Oppvarming

Treningen besto av en generell oppvarming i 5 minutter på ergometersykkel (Technogym) Intensiteten var ikke styrt, men forsøkspersonene var god kjent med begrepet oppvarming, og var oppmuntret til å "bli varme i kroppen". Etter syklingen fulgte en spesifikk oppvarming med noen få dynamiske submaksimale unilaterale kneekstensjoner i treningsøvelsen. Instruksjonen var å gradvis øke belastningen og reduserende antall repetisjoner.

3.4.1.2 Frekvens

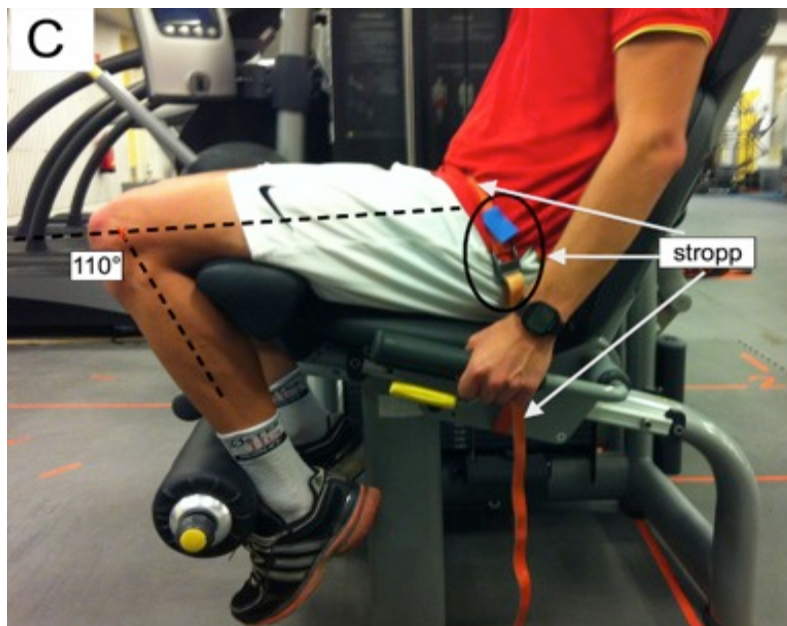
Selve treningen besto av 4 serier på 10 repetisjoner for hvert ben hvor man trente submaksimale til maksimale dynamiske unilaterale kneekstensjoner. Forsøkspersonen trente 3 ganger per uke over en periode på 10-11 uker, noen som skulle være et tilstrekkelig stimuli til å se forandringer i både fasikkelvinkel og fasikkellengde (Aagaard m.fl. 1996, Seynnes m.fl. 2007, Blazevich m.fl. 2007b). Hver treningsøkt var separert med minimum 24 timer. All testing og trening ble gjort under instruksjon av samme testleder.

3.4.1.3 Bevegelsesbane

knevinkel var definert som 0° når kneleddet var fullt utstakt. Hver forsøksperson hadde et ben som trente under en knevinkel fra 110° - 60° (se figur 6 B+C). Resultater produsert av dette benet er heretter referert til som "lang muskel" på grunn av muskelens arbeidsforhold der muskelen stort sett er strekt eller forlenget ut i fra sine optimale forutsetninger for kraftutvikling. Det kontralaterale benet trente fra 60 - 10° (se figur 6 A) knevinkel og er heretter referert til som "kort muskel" da muskelens lengde i hovedsak er forkortet i forhold til den lengden der den utvikler maksimal kraft. Knevinkel ble målt manuelt med et goniometer, og innstillingen på treningsapparatet var individuelt regulert og tilpasset hver enkelt forsøksperson sin antropometri. Innstillinger på treningsapparatet forsikret at hver enkelt forsøksperson trente på riktig leddvinkel for hver treningsøkt.

En viktig bemerkning til dette er at i en konsentrisk bevegelse vil alltid lik kraft virke på både festet og utspringet. Siden øvelsen kneekstensjon innebærer at det proksimale segmentet (femur) er fiksert, er det helt essensielt å motvirke kraften som skaper et dreiemoment på femur. Belastningene er så høye at vekten av overkroppen i seg selv ikke er nok til å motvirke dette dreiemomentet. Måten dette ble regulert for var ved å fysisk stroppe ned forsøkspersonen til apparatet de satt i med et relativt høyt press på spina iliaca anterior superior. Forsøkspersonene brukte også håndtak for å fysisk holde seg selv nede i setet når de løftet. (se figur 6).





figur 6 viser forskjellige knevinkler ved dynamisk kneekstensjon. Forsøkspersonen på bildet trener sitt venstre ben med en vinkel fra 60-10°(kort muskel), mens høyre ben trener fra 110-60° knevinkel (lang muskel). A) viser kort muskel maksimalt forkortet. B) viser lang muskel maksimalt forkortet og C) viser lang muskel maksimalt forlengt. Legg merke til at forsøkspersonen holder seg nede i stolen ved hjelp av håndtakene, og er festet ned i apparatet ved hjelp av en stropp. Dette bidrar til å fiksere det proximale segmentet.

3.4.1.4 Belastning

Siden lengden av varigheten på draget i muskulaturen og størrelsen på dette draget er vist å spille en essensiell rolle for regenerering av muskelvev (Raastad m.fl. 2010), ble varigheten på den konsentriske kontraksjonen satt til 3 sekunder, mens den eksentriske fasen varte i 1 sekund. Dette var subjektivt kontrollert av testveileder, og

forsøkspersonene fikk tilbakemeldinger hvis hastigheten på bevegelsen skulle avvike mye fra dette, og kunne justere deretter. Belastningen var på 80 % av 1RM (1 repetisjon maksimum), noe som skulle gi et tilstrekkelig høyt nok drag til å stimulere til muskeladaptasjoner (Kraemer m.fl. 2002, Raastad m.fl. 2010) .

3.4.1.5 Pauser

forsøkspersonene hadde minimalt med pauser mellom repetisjoner, men holdt ikke en sammenhengende kontraksjon, slik at det ble tillatt en liten avslapping på 1-2 sek (kun tilstrekkelig for å opprettholde riktig pusteteknikk) mellom repetisjoner. De hadde i tillegg en 30 sek pause imellom hver serie, noe som i praksis vil si at hvert ben fikk ca. 2 min pause mellom hver arbeidsperiode, da hvert ben trente alternerende

Tabell 1 viser varigheten(sek) på serier, pauser og utregnede totaltider for både pauser, kontraksjon og totaltid for øvelsen(min). Hver serie er avgrenset imellom 2 røde streker, mens den blå boksen viser varigheten av en pause for ett ben.

serie	1		2		3		4	tid (min)
høyre ben	60		60		60		60	4 min
pause	30	30	30	30	30	30	30	3.5 min
venstre ben		60		60		60	60	4 min
total varighet på øvelsen								11.5 min

3.4.1.6 Progresjon

Treningsvekten ble regulert hver uke ved å gjennomføre en 1RM- test før den første treningsøkten i uka. Treningsvekt ble kun oppjustert basert på 1RM testing. Om forsøkspersonen skulle oppnå lavere 1RM enn forrige uke, forble treningsvekten uforandret.

3.4.2 Testing

3.4.2.1 Pre og post tester

Pretestene var identiske med posttestene. Pre- testene ble utført innenfor 1 uke før begynnelsen på treningen og alle post- tester ble utført innenfor 1 uke etter avsluttet intervensjon. Testprosedyrer er listet nedenfor i kronologisk rekkefølge.

3.4.2.2 Ultralyd

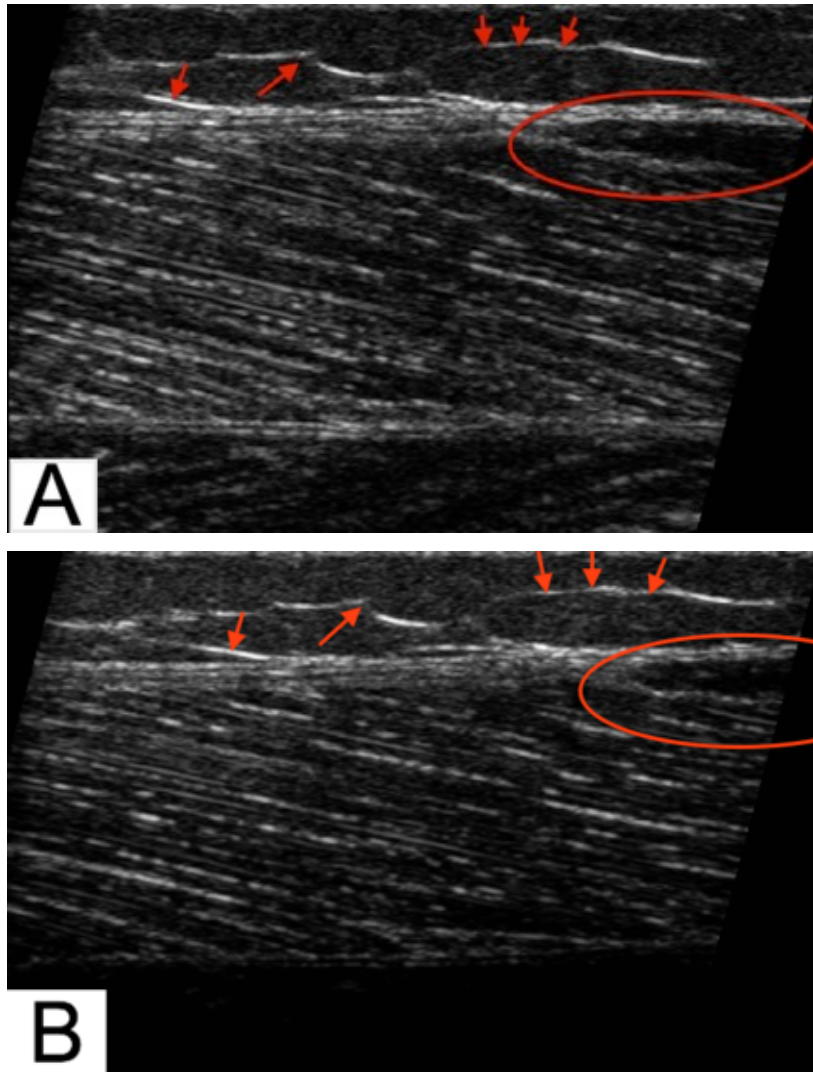
Måling av muskeltykkelse med ultralyd ser ut til å være en valid målemetode da Kawakami m.fl. 1993 fant en god korrelasjon mellom tykkelse målt med ultralyd og

muskeltverrsnitt målt manuelt på kadaver. König m.fl. 2013 hadde flere undersøkere som gjorde arkitektur målinger på ultralyd bilder av skjelett muskulatur og fant at relabiliteten til målinger var god. Kwah m.fl. 2013 fant at relabiliteten til målinger var like gode i hvile som under kontraksjon, og at relabiliteten var høy til svært høy.

3.4.2.3 Ultralydmålinger- liggende

Muskelarkitektur ble først målt i hvile mens forsøkspersonene lå på ryggen.

Målingene ble gjort ved den tykkeste delen av muskelbuken ved 1/3 av muskellengden til m. vastus lateralis (målt distalt mot proksimalt). Muskellengden var definert som avstanden fra den myotendinøse forbindelsen distalt og det mest laterale punkt på trochantor major proksimalt. Samme måleområde ble brukt for ultralydmålinger i dynamometer. Det ble forsikret at området for ultralyd skanning var identisk på både pre og post tester for hver enkelt forsøksperson, slik at man kunne se på evt. endringer på de samme strukturene i muskulaturen. Dette ble igjen dobbeltsjekket under analysearbeidet, da pre og post bilder ble matchet ut i fra ikke kontraktile materiale intramuskulært eller i underhudsfettet (se figur 7). Stillbilder som tillot analyser av tykkelse, fasikkelvinkel og fasikkellengde ble tatt. Målinger ble gjort på opptil 50 mm dybde for å forsikre at både den dype og den superfisielle aponeurosen var synlig i bildet. Som et ledd i standardiseringen var trykket mot huden under ultralyd målinger påført av tetsveileder via ultralyd proben minimalt, men allikevel nok kontakt til at det kunne observeres klare fasikler til senere analyser.



Figur 7 viser hvordan pre bilder(A) er matchet med post bilder(B). Pilene og sirkelen peker på strukturer som helt tydelig er de samme. Bildene er fra samme forsøksperson før(A) og etter(B) 11 uker med trening. De samme strukturene kan observeres både før og etter, og man forsikrer at post målingene er gjort på de samme strukturene som pre målingene ble gjort på.

3.4.2.4 Oppvarming

Etter 5 minutter oppvarming på ergometersykkel gjennomførte alle forsøkspersonene 10 submaksimale unilaterale dynamiske kneekstensjoner ved 60°/sek i dynamometeret som tilvenning til testingen. Hele denne prosedyren ble gjentatt ved testing av det kontralaterale benet.

3.4.2.5 Styrketester

Dynamometeret ble individuelt innstilt og forsøkspersonene ble godt festet ned i stolen ved en 4- punkts sele, og låret ble i tillegg sikret ned til underlaget ved en 10 cm bred rem like proksimalt for basis patella (se figur 8+9A). Maksimal *isokinetisk*

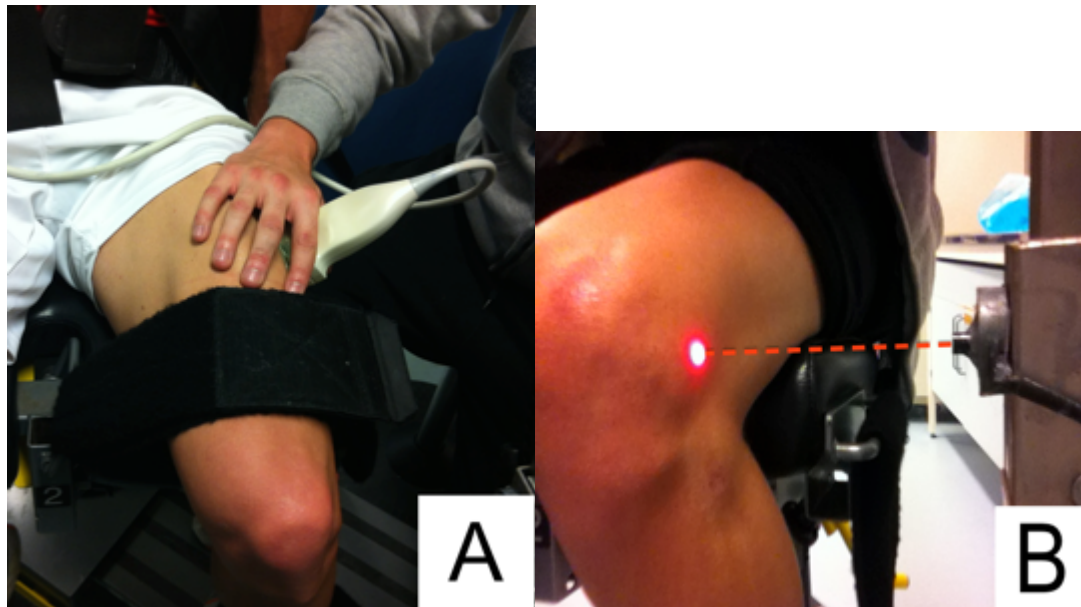
Dreiemoment ble registrert ved 3 forskjellige hastigheter (30, 60 og 120°/sek). Bevegelsen ble utført under en leddvinkel fra 100 til 5° knevinkel, der forsøkspersonen ble instruert til å holde så høy kraft de kunne til enhver tid igjennom hele bevegelsen. Maksimal *isometrisk* dreiemoment ble målt ved 3 forskjellig leddvinkler (100, 60 and 20° knevinkel), der forsøkspersonen var instruert til å holde så høy kraft de kunne til enhver tid i 3-4 sek. Forsøkspersonene hadde ett minutt pause mellom hver maksimale kraftutvikling og mottok både verbal og visuell oppmuntring under testing. Kraftdata ble registrert med en frekvens på 1500 Hz.

3.4.2.6 Ultralyd ved styrkettester

Flere studier (Seynnes m.fl. 2007, Blazeovich m.fl. 2007, Aagaard m.fl. 2001, Fukunaga m.fl. 1997a og Fukunaga m.fl.1997b) har vist at muskelarkitektur er i høy grad påvirket av leddvinkel og muskelens kontraksjonsstatus, og for å se på muskelarkitekturen hos aktivert muskel ble det tatt video med ultralyd både i hvile og under alle maksimale kontraksjoner. Video ble registrert med en frekvens på 45 bilder/ sek på en dybde opp til 50 mm.



Figur 8 viser en testsituasjon der forsøkspersonen utfører en maksimal isometrisk kontraksjon ved 100°knevinkel. Testveileder posisjonerer ultralyd- proben med høyre hånd og starter testen med venstre.



Figur 9 viser hvordan målinger blir gjort med ultralyd proben (A) og hvordan kneets leddakse er orientert likt med dynamometerets omdreiningssakse (B) ved hjelp av lasermåler.

3.4.2.7 Spørreskjema

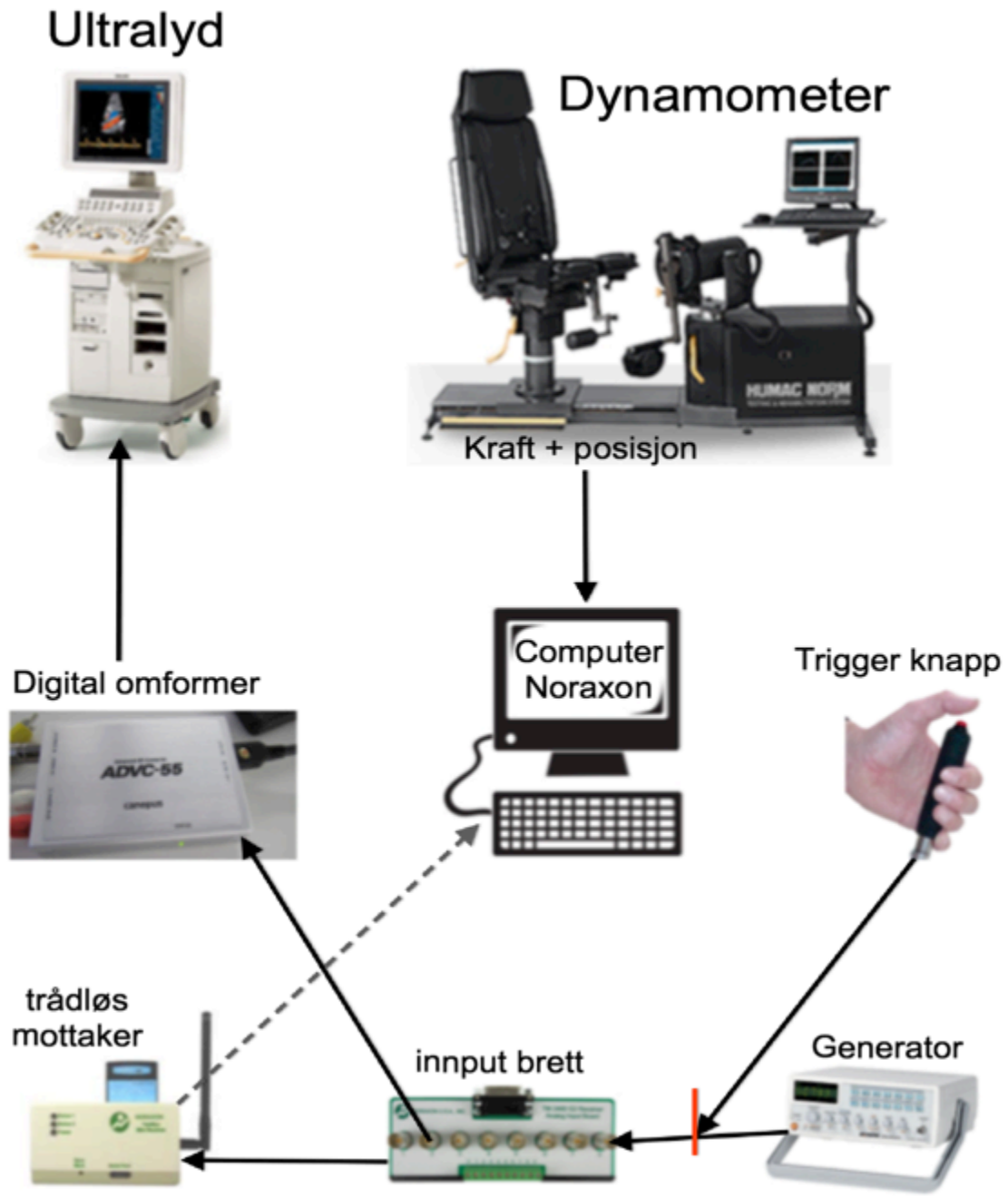
I etterkant av studiet svarte alle forsøkspersonen på et spørreskjema angående deres erfaring med styrketrening i forkant av studiet og angående deres aktivitetsnivå parallelt med studiet (Se vedlegg 1)

3.5 Analyser

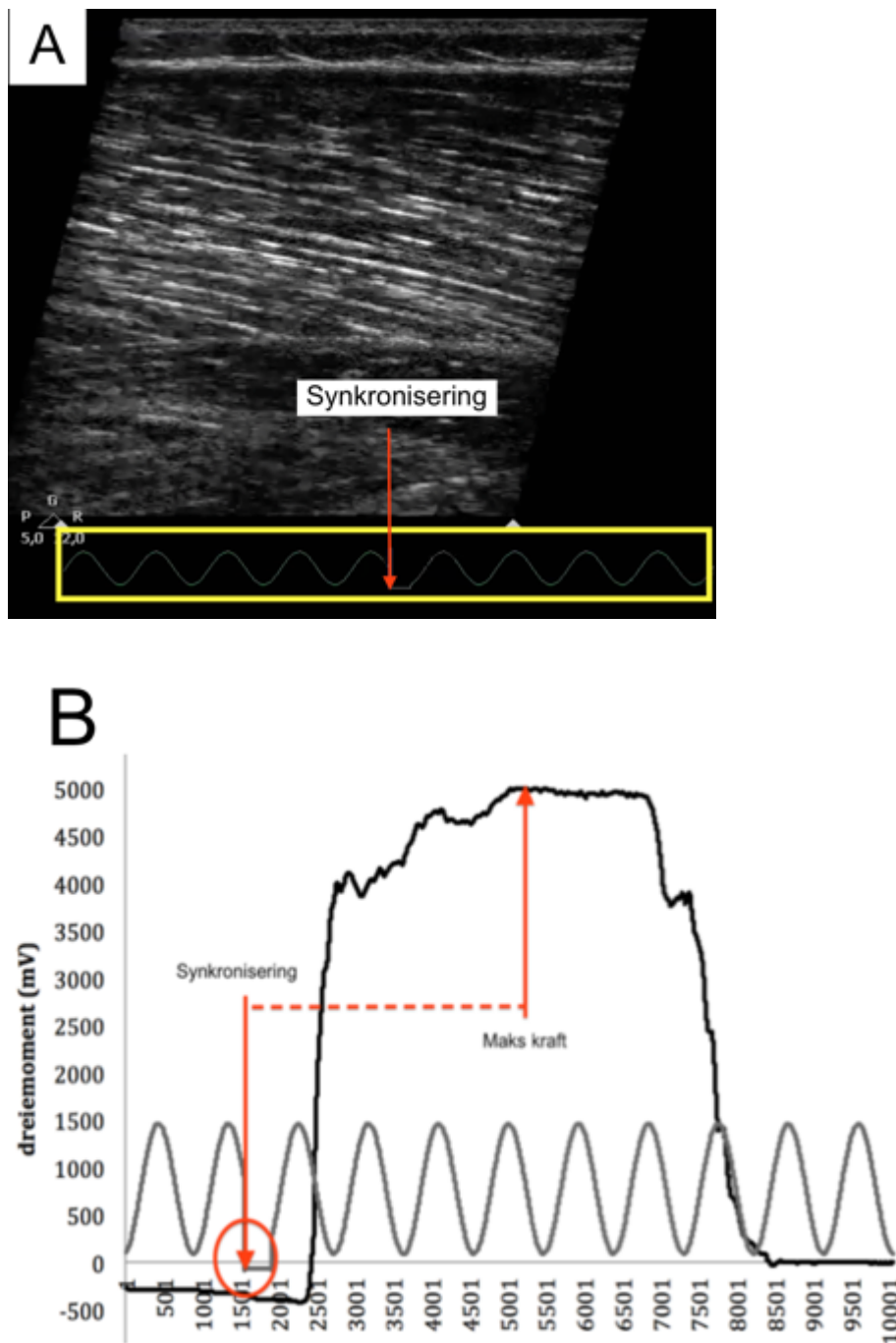
3.5.1 Data synkronisering

kraftdata og posisjonsdata ble lagret simultant i Humac programvaren og på en ekstern computer i et analyse program (Noraxon, MyoResearch XP Master Edition Version 1.08.17. Noraxon Inc. Scottsdale, AZ, USA). Ultralyd filene ble lagret direkte på Ultralyd enheten. momentdata og ultralyd-videoer ble synkronisert ved hjelp av en egendesignet avtrykker-knapp som lagde en visuell puls (sinus kurve) i ultralyd- video sekvensen og kraftdata (Bojsen- Møller m. fl. 2003). Pulsen ble produsert av en egen generator (function generator, GwinStec GFG 8215A, Good Will instrument Co., Ltd., Tucheng City, Taiwan) og sendt igjennom et input brett (TeleMyo 2400 G2 Reciever Analog Input Board, Noraxon, Inc., Scottsdale, AZ, USA) videre til en trådløs mottaker (Mini- Reciever for TeleMyo, Noraxon, Inc., Scottsdale, AZ, USA) som overførte signalet til Noraxon analyseprogrammet. Samme

puls ble også sendt ut til ultralyd apparatet via input brettet og en digital omformer (ADVC- 55, EFC-152265, Canopus Co., LTD, Kobe City, Hyogo, Japan).



Figur 10 viser en skjematisk oversikt over synkronisering av momentdata og ultralyd. Kraft data sendes direkte til Noraxon analyse programmet. Pulsen produsert av generatoren sendes både til ultralyd apparatet via den digitale omformeren og trådløst til Noraxon analyseprogrammet. Triggerknappen bryter pulsen og gir en visuell forandring i sinus kurven (se figur 11)



Figur 11 viser hvordan sinus kurven opptrer visuelt både under ultralyd video (A) (gul boks) og under registrering av dreiemoment under en maksimal isometrisk kontraksjon (B). Kurven er avbrutt av triggersignalet (rød pil) før det fortsetter uavbrutt (A). Ut i fra dette kunne man finne hvilket ultralyd bilde hvor maks kraft ble utviklet.

3.5.2 Dreiemoment

Maksimalt isometrisk dreiemoment ble lagret både i Humac programvaren og i Noraxon analyseprogrammet. moment filene ble deretter hentet ut og lagt inn som slk- filer (symbolic link file) i Microsoft Office Excel (2011 Inc., versjon 14.4.4,

Microsoft Corporation) og analysert der. Et avvik fra null i millivolt før kraftutviklingen i muskelen begynte, ble justert for ved å trekke fra eller legge til (avhengig av om avviket var positivt eller negativt) gjennomsnittet av 100 kraft målinger i en periode hvor muskelen var avslappet.

3.5.3 Muskel arkitektur

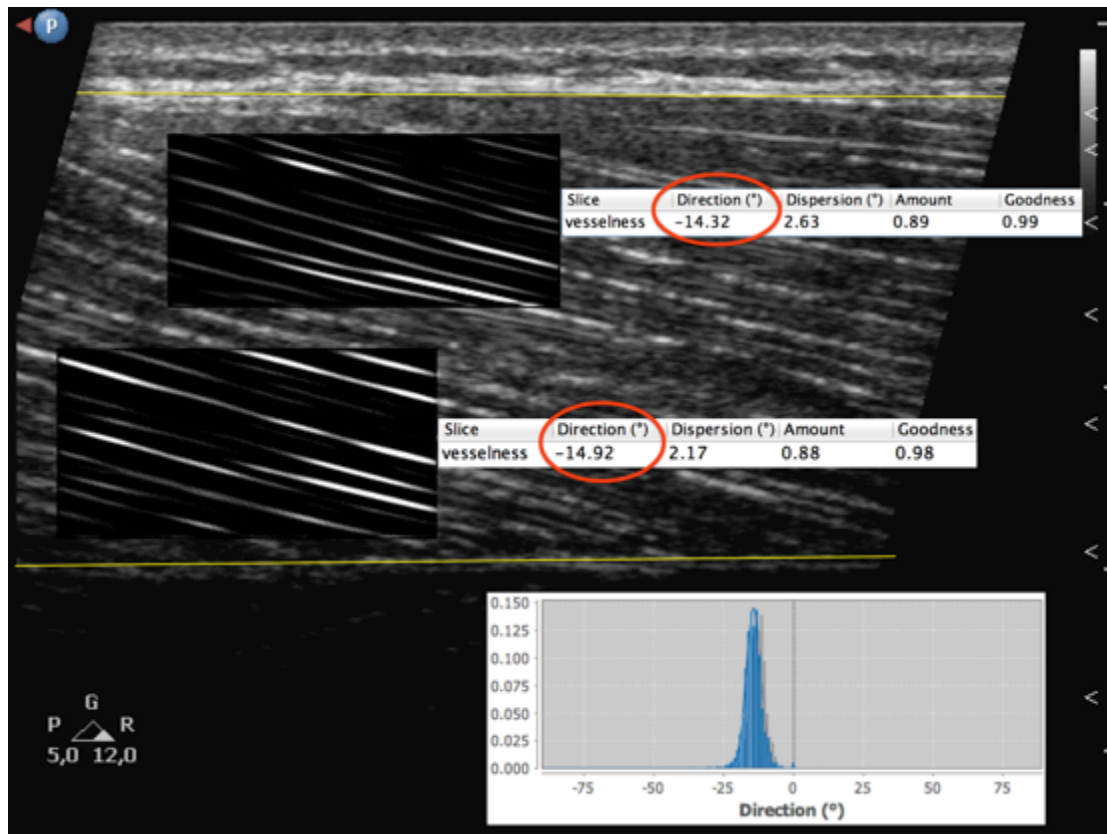
Alle video og bilde materiale ble analysert ved hjelp av Fiji ImageJ for stillbilder og ImageJ (An Open-Source Platform for Biological-Image Analysis, 2.2.0-rc-14/1.49g, National Institutes of Health, Austin, TE, USA) for video. Analyserte bilder av kontrahert muskel er ikke nødvendigvis av det bilde der maksimalt moment er oppnådd, men et bilde i nærheten av maksimalt moment, der fasiklene fremstår som skarpe nok til å gjøre gode analyser. Denne forenklingen er mulig fordi det ser ikke ut til at muskelarkitekturen forandrer seg ytterligere etter at 80 % av maks kraft er nådd. For analyse av muskelen i hvile ble et bilde før initieringen av kraften analysert.

3.5.3.1 Muskeltykkelse

Muskeltykkelse ble målt vinkelrett på den dype aponeurosen og definert som avstanden fra den dype til den superfisielle aponeurosen. Gjennomsnittet av 3 målinger ble brukt.

3.5.3.2 Fasikkelvinkel

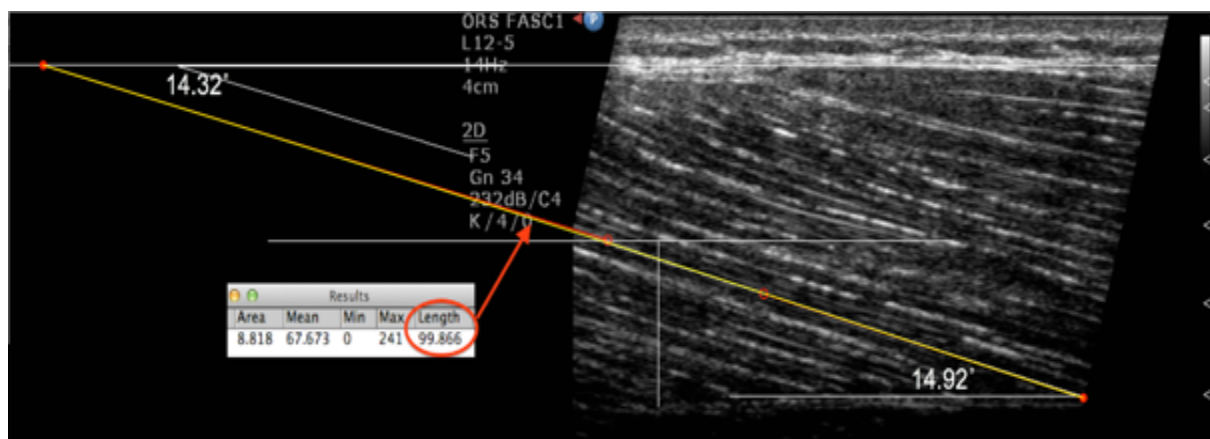
Målinger ble gjort med et egent elektronisk verktøy i programvaren Fiji som regner ut gjennomsnittlig retning på fasiklene innenfor et selvvalgt avgrenset område. Verktøyet bruker et Fast Fourier- filter til å fjerne lavfrekvente signaler muskulaturen slik at de høyfrekvente signalene som representerer fasiklene står igjen. Deretter fremheves fasiklene ytterligere, ved å justere kontrastene mellom kontraktilt og ikke kontraktilt materiale (se figur 12). På den måten kan programmet regne ut hvilken retning fasiklene har. Gjennomsnittet av disse målingene defineres som fasikkelvinkelen. Målinger både nær den dype og den superfisielle aponeurosen ble gjort for å slå fast henholdsvis nedre og øvre fasikkel vinkel. Gjennomsnittet av 3 målinger ble brukt.



Figur 12 viser 2 områder i henholdsvis nedre og øvre del av muskelen som har blitt valgt ut for analyse. Retningen på fasikkene er forholdsvis uniform. Dette er vist ved en smal normalfordelingskurve (blå kurve nederst). I dette tilfellet er også fasikkelvinkel ganske lik både i øvre og nedre del av muskelen. De gule strekene viser den dype og den superfisielle aponeurosen.

3.5.3.3 Fasikkellengde

Fasikkellengde ble regnet ut basert på både nedre og øvre fasikkelvinkel og tok hensyn til kurvaturen i muskulaturen og vinkelen på øvre og nedre aponeurose. Gjennomsnittet av 3 målinger ble brukt.



Figur 13 viser hvordan fasikkelvinkel brukes til å fastslå fasikkellengden (gul strek). Teknikken bruker ikke lineær ekstrapolering av fasiklene utenfor bildeområdet, men tar hensyn til hvordan fasikkelvinkelen forandrer seg i ulike lag av muskelen. (samme bilde som i figur 12 er analysert).

3.5.4 Statistikk

Data fra både menn og kvinner er analysert sammen i dette studiet. Forskjeller mellom pre og post verdier ble analysert med en Student T- test for parede grupper, og forskjeller mellom lang og kort trent muskel ble analysert med en toveis Anova test for repeterte målinger. For alle statistiske tester ble et signifikans nivå satt til $p < 0.05$. Alle statistiske analyser ble gjennomført i Microsoft Office Excel 2011 Inc, versjon 14.4.4, Microsoft Corporation og Graphpad Prism 6, Graphpad Software, San Diego, CA, USA, og resultater er presentert som gjennomsnitt \pm standard avvik hvor signifikansverdi er gjengitt i parentes.

5.0 Resultater

5.1 Drop out

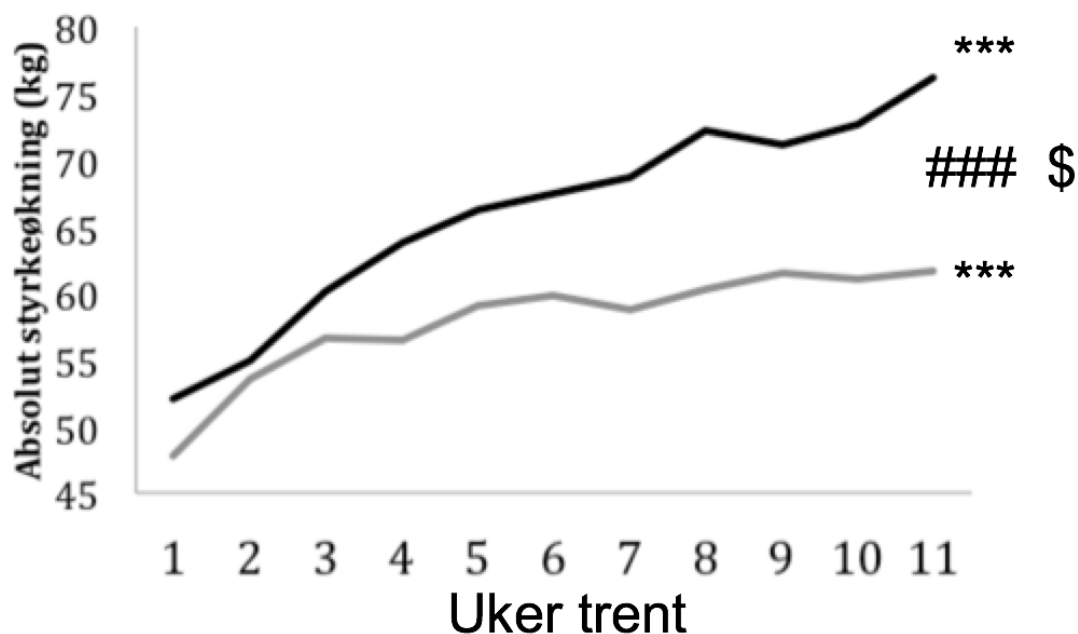
Flere av forsøkspersonene rapporterte om ubehag i og rundt knærne i løpet av intervensjonen, men kun en var tvunget til å trekke seg på grunn av en belastningsskade i kneet, som oppsto mest trolig som en følge av den økende belastningen som treningsintervensjonen påførte. Datamaterialet fra en annen forsøksperson var ikke mulig å analysere på grunn av tekniske problemer, og ble derfor ikke inkludert. Totalt ble resultater fra 9 forsøkspersoner (menn 7, kvinner 2, alder 22 ± 2.6 , høyde 1.77 ± 0.09 , vekt 73.4 ± 7.8) brukt til statistiske analyser.

5.2 Gjennomføring

Grunnet sykdom og noe ubehag i form av DOMS, tendenser til tendinitt, og generelle smerter i kneet, var ikke alle forsøkspersoner i stand til å gjennomføre alle de planlagte treningsøktene. Totalt gjennomførte hver forsøksperson 31.2 ± 2.9 instruerte treningsøkter i løpet av intervensjonen. Med en individuell spredning fra 28 til 33 økter på 10-11 uker. Alle forsøkspersoner gjennomførte med det, et minimum på 93 % av den planlagte treningen, og ingen ble ekskludert på grunn av for liten deltagelse på treningene.

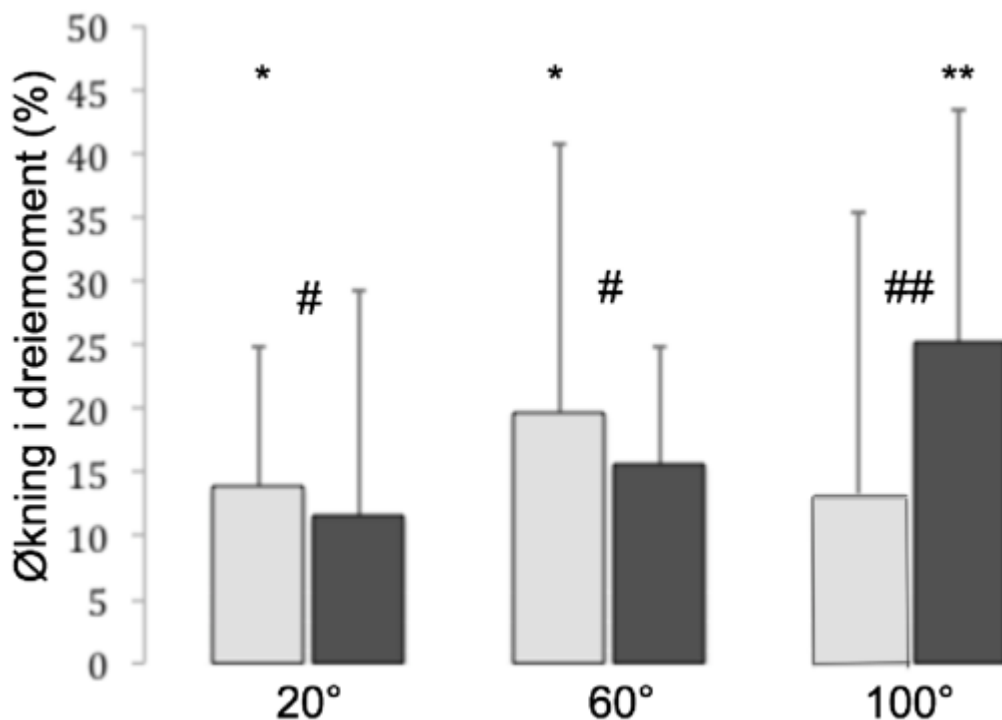
5.3 Muskel styrke

Kort ben hadde en styrkefremgang på 31.4 ± 16.6 % ($p = 0.0003$), mens langt ben hadde en styrkefremgang på 49.4 ± 24.8 % ($p = 0.00005$), målt i sine respektive treningsbaner i Technogym kne ekstensjon. Det er en klar effekt av trening for begge grupper ($p=0.0001$), og lang muskel viser signifikant større styrke økninger i 1RM enn kort muskel ($p= 0.03$)



figur 14 viser absolutt endring av 1RM i øvelsen ett bens kneekstensjon for kort (grå) lang (sort) muskel uke for uke igjennom intervensjonen. Signifikante resultater er gjengitt der resultatene er forskjellig fra før trening ($p < 0.05$)*, ($p < 0.01$)**, ($p < 0.001$)***, der treningen har hatt effekt på begge gruppene ($p < 0.05$)#, ($p < 0.01$)## og ($p < 0.001$)### og der gruppene er forskjellig fra hverandre ($p < 0.05$)\$, ($p < 0.01$)\$\$.

Ved isometriske tester i dynamometer viste kort muskel en styrkeøkning på $13.5 \pm 22.2\%$ ($p = 0.1$) ved 100° knevinkel, $19.7 \pm 21.1\%$ ($p = 0.02$) ved 60° knevinkel, og $13.8 \pm 11.0\%$ ($p = 0.01$) ved 20° knevinkel. Lang muskel hadde en økning på henholdsvis $25.2 \pm 18.3\%$ ($p = 0.002$) ved 100° knevinkel, $15.6 \pm 24.4\%$ ($p = 0.07$) ved 60° knevinkel, og $11.6 \pm 17.7\%$ ($p = 0.08$) ved 20° knevinkel. Styrketreningen hadde en klar effekt på utviklingen av styrke ($p < 0.05$) ved alle knevinkler, men det er ingen signifikante forskjeller i styrke mellom lang og kort trent muskel. Ikke uventet hadde lang muskel en signifikant økning i styrke på $25.2 \pm 18.3\%$ ($p = 0.002$) ($p = 0.1$) målt ved 100° knevinkel. Økningen var derimot ikke signifikant hos kort muskel vs. $13.5 \pm 22.2\%$, og det er en tendens til at styrke økningen er forskjellig imellom gruppene ($p = 0.059$). Det samme motsatte forholdet til styrke økning kunne ikke ses målt ved 20° knevinkel, der økningen for lang muskel var på $11.6 \pm 17.7\%$ ($p = 0.08$) vs. $13.8 \pm 11.0\%$ ($p = 0.01$) for kort.

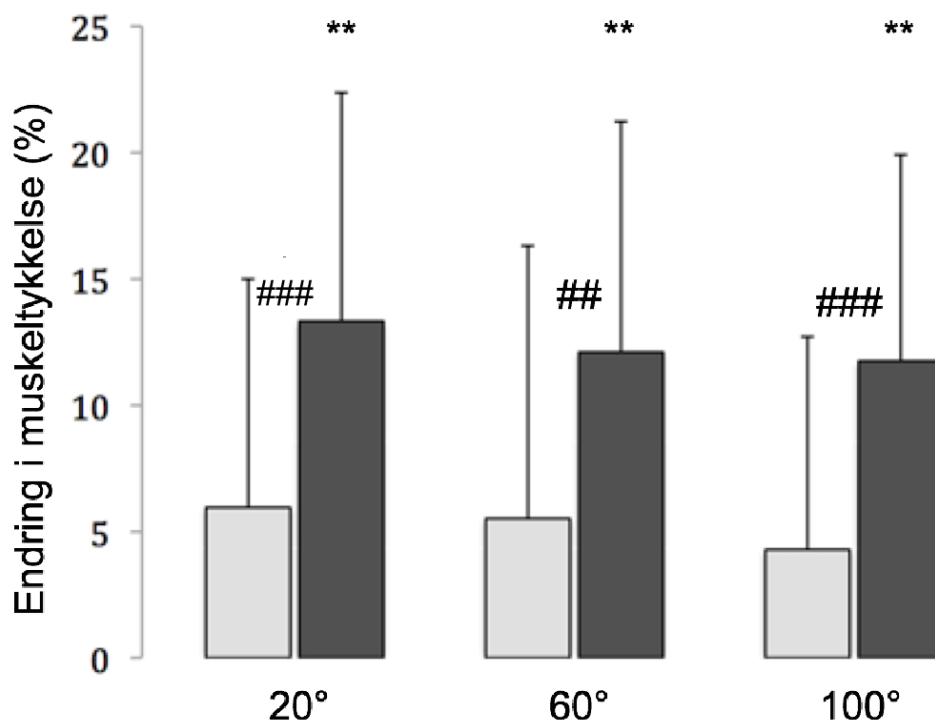


Figur 15 viser gjennomsnittlig økning i dreiemoment (%) for kort muskel (lyse søyler) og lang muskel (mørke søyler) ved alle knevinkler (20, 60 og 100). Signifikante resultater er gjengitt der resultatene er forskjellig fra før trening ($p < 0.05$)*, ($p < 0.01$)**, ($p < 0.001$)***, der treningen har hatt effekt på begge gruppene ($p < 0.05$)#, ($p < 0.01$)## og ($p < 0.001$)### og der gruppene er forskjellig fra hverandre ($p < 0.05$)\$, ($p < 0.01$)\$\$.

5.4 Muskelarkitektur

5.4.1 Muskeltykkelse

Muskeltykkelse målt i hvile ved alle knevinkler for lang muskel viste signifikante økninger på $13.3 \pm 9.1\%$ $p = 0.001$, $12.1 \pm 9.1\%$ $p = 0.003$ og $11.7 \pm 8.2\%$ $p = 0.001$ for henholdsvis 20° , 60° og 100° knevinkel. Det var kun en signifikant økning hos lang muskel. Muskeltykkelsen målt liggende i hvile økte med $8.6 \pm 5.9\%$ ($p = 0.002$) for lang muskel og med $4.9 \pm 4.2\%$ ($p = 0.007$) for kort muskel. Det ingen signifikante forskjeller mellom økningen i muskeltykkelse målt liggende mellom kort og lang muskel, men det er en tendens ($p = 0.06$). Den samme tendensen ved hvilemålinger kan spores ved lengre muskellengder der lang muskel har en signifikant økning i tykkelse (figur 16). Det er en signifikant treningseffekt på muskeltykkelse ved alle leddvinkler og kontraksjonsmoduser, og ingen signifikant forskjell mellom gruppene, men det er verdt og merke seg at kort muskel viser gjennomgående lavere ikke signifikante økninger i muskeltykkelse enn lang muskel.



Figur 16 viser gjennomsnittlig endring i muskeltykkelse \pm standardavvik for kort muskel (lyse søyler) og lang muskel (mørke søyler) ved alle knevinkler (20 , 60 og 100) målt i hvile.). Signifikante resultater er gjengitt der resultatene er forskjellig fra før trening ($p < 0.05$)*, ($p < 0.01$)**, ($p < 0.001$)***, der treningen har hatt effekt på begge gruppene ($p < 0.05$)#, ($p < 0.01$)##, ($p < 0.001$)### og der gruppene er forskjellig fra hverandre ($p < 0.05$)\$, ($p < 0.01$)\$\$.

5.4.2 Fasikkelvinkel

For kort muskel økte fasikkelvinkelen med $8.9 \pm 15.1 \%$ ($p = 0.1$) målt på 60° knevinkel i hvile, mens den for lang muskel økte med $16.1 \pm 18.1 \%$ ($p = 0.03$). Her er det også en signifikant effekt av treningen på fasikkel vinkel ($p = 0.02$). Generelt er det små positive endringer i fasikkelvinkel for både lang og kort muskel, men det er ingen signifikante forskjeller i fasikkelvinkel mellom kort og lang muskel. Det allikevel verdt og nevne at lang muskel viser en større økning i fasikkelvinkel ved alle knevinkler både ved hvilemålinger og når muskelen var maksimalt kontrahert.

Tabell 2 viser gjennomsnittlig fasikkelvinkel \pm standardavvik for kort og lang muskel ved alle knevinkler (20, 60 og 100) både i hvile og ved kontrahert forhold. P- verdier er gjengitt for å se på både effekten av trening og interaksjonen mellom gruppene. Signifikante resultater er markert ut i fra treningen har hatt effekt på begge gruppene ($p < 0.05$)#, ($p < 0.01$)## og om endringen mellom gruppene er forskjellig fra hverandre ($p < 0.05$)\$ og ($p < 0.01$)\$\$.

	Knevinkel (°)	pre (gj. snitt \pm SD) °	post (gj. snitt \pm SD) °	Endring (%)	Effekt		
					trening p-verdi	interaksjon p-verdi	
kort	Hvile	20	15.60 \pm 3.31	14.77 \pm 3.12	-3.9	0.78	0.66
		60	12.40 \pm 1.83	13.46 \pm 2.42	8.9	0.02 #	0.42
		100	11.68 \pm 1.89	12.03 \pm 2.32	3.1	0.72	0.31
	Kontrahert	20	19.69 \pm 2.13	20.30 \pm 3.62	3.1	0.17	0.50
		60	14.66 \pm 2.38	15.52 \pm 1.28	7.9	0.34	1.00
		100	12.23 \pm 2.04	12.18 \pm 1.54	2.3	0.68	0.61
Lang	Hvile	20	15.55 \pm 2.98	15.93 \pm 1.60	5.0	0.78	0.66
		60	11.93 \pm 1.56	13.69 \pm 1.57	16.1	0.02 #	0.42
		100	11.45 \pm 2.31	11.47 \pm 1.60	3.6	0.72	0.31
	Kontrahert	20	19.54 \pm 3.02	20.15 \pm 1.35	5.4	0.17	0.50
		60	14.59 \pm 1.82	15.95 \pm 1.19	11.1	0.34	1.00
		100	11.39 \pm 1.44	11.92 \pm 0.61	6.6	0.68	0.61

5.4.3 Fasikkellengde

Fasikkellengde målt i hvile og ved maksimal kontraksjon ved 60° knevinkel, viser henholdsvis en nedgang på $0.2 \pm 8.4 \%$ ($p = 0.8$) og $1.0 \pm 10.3 \%$ ($p = 0.95$) for kort muskel. I motsetning, ser lang muskel ut til å ha et motsatt forløp ved en økning på $7.5 \pm 10.6 \%$ ($p = 0.07$) og $3.6 \pm 19.6 \%$ ($p = 0.65$) ved henholdsvis avslappet og kontrahert muskel. Ingen av disse resultatene er signifikant forskjellige fra pre til post, men det er en signifikant forskjell mellom gruppene når muskelen er avslappet ($p = 0.04$). Lignende forskjellene kan ikke sees ved hverken 100° eller 20° knevinkel, annet enn at lang muskel viste en signifikant økning i fasikkellengde på $15.1 \pm 17.7 \%$ ($p = 0.03$) målt ved 20° knevinkel hos avslappet muskel, og at dette ikke var tilfellet

hos kort. Det er ingen signifikant forskjell i fasikkellengde mellom kort og lang muskel ved noen knevinkler, men effekten av trening på fasikkellengde ved 20° knevinkel er signifikant ($p = 0.01$).

Tabell 3 viser gjennomsnittlig fasikkellengde \pm standardavvik for kort og lang muskel ved alle knevinkler (20, 60 og 100) både i hvile og ved kontrahert forhold. P-verdier er gjengitt for å se på både effekten av trening og interaksjonen mellom gruppene. Signifikante resultater er markert ut i fra treningen har hatt effekt på begge gruppene ($p < 0.05$)#, ($p < 0.01$)## og om endringen mellom gruppene er forskjellig fra hverandre ($p < 0.05$)\$ og ($p < 0.01$)\$\$.

	Knevinkel (°)	pre (gj. snitt \pm SD) mm	post (gj. snitt \pm SD) mm	Endring (%)	Effekt		
					trening p-verdi	interaksjon p-verdi	
kort	Hvile	20	86.5 \pm 10.2	97.5 \pm 13.6	14.2	0.01 ##	0.90
		60	108.0 \pm 14.0	107.1 \pm 9.8	-0.2	0.30	0.04 \$
		100	119.1 \pm 19.9	126.8 \pm 19.6	7.1	0.19	0.74
	Kontrahert	20	70.5 \pm 10.7	72.4 \pm 16.7	2.2	0.36	0.93
		60	92.6 \pm 18.5	92.3 \pm 25.4	-1.0	0.79	0.46
		100	114.6 \pm 25.9	119.4 \pm 31.4	7.1	0.51	0.99
Lang	Hvile	20	88.3 \pm 15.2	100.5 \pm 15.3	15.1	0.01 ##	0.90
		60	105.9 \pm 14.2	113.6 \pm 16.5	7.5	0.30	0.04 \$
		100	123.4 \pm 18.7	128.1 \pm 16.3	5.0	0.19	0.74
	Kontrahert	20	71.7 \pm 9.0	74.1 \pm 14.4	3.7	0.36	0.93
		60	89.1 \pm 12.9	91.8 \pm 18.8	3.6	0.79	0.46
		100	119.7 \pm 28.5	124.3 \pm 26.0	6.5	0.51	0.99

6.0 Diskusjon.

Data fra både menn og kvinner er analysert sammen i dette studiet siden man kan forvente relativ lik styrkefremgang blant menn og kvinner etter en periode med styrketrening (Raastad m.fl. 2010). Det ser heller ikke ut til at kjønn spiller en avgjørende rolle når man ser på adaptasjoner i muskler i underekstremiteten som følge av styrketrening (Staron m.fl. 1994). Et annet studie av Itchinose m.fl. 1998 konkluderer med at forskjellen i styrke observert mellom menn og kvinner er et resultat av ulikt tverrsnitt, og ikke fasikkelvinkel, da fasikkelvinkelen ser ut til å være lik.

6.1 Hovedfunn

Hovedfunnene i denne studien er at en 10 ukers periode med styrketrening av knenekstensorene klart ser ut til å forbedre 1RM i treningsøvelsen og at lang muskel har en signifikant større styrke økning i 1RM enn kort muskel. Når styrkeendringen ble målt i dynamometer øker styrken signifikant ved alle knevinkler uavhengig av om muskelen trente under lange eller korte forhold. Trening ser ut til å øke

muskeltykkelsen uavhengig av om man trener med lang eller kort muskel. Fasikkelvinkel viser gjennomgående små ikke signifikante økninger ved de fleste muskellengder, og ser ut til å være uavhengig av om treningen har foregått på lange eller korte muskellengder. Det er allikevel en tendens til en noe større økning for lang muskel enn for kort. Forskjellene er ganske små, og det er store individuelle forskjeller. Det samme kan sies om fasikkellengde, der trening i liten grad ser ut til å endre fasikkellengde. Om noe så er det en tendens til en økning av fasikkellengde etter trening, og det heller mot en noe større økning for lang muskel enn for kort, men resultatene er i overveiende grad ikke signifikante.

6.2 Styrke

Fremgang i styrke er ofte veldig individuelt betinget, og selv om forsøkspersonene i utgangspunktet har samme treningsstatus, kan man oppleve store individuelle forskjeller. Raastad m.fl. 2010 side 38 rapporterer om en variasjon fra 5- 60 % styrke økning etter 12 uker med styrketrening. Dette samsvarer godt med det vi ser i denne studien, men at 4 forsøkspersoner viste en nedgang i styrke målt ved 60° for lang muskel er høyst uvanlig etter et så omfattende styrke program. Gitt at ikke den samme reduksjonen kan spores ved 1RM testing i treningsapparatet, kan en mulig årsak til dette være tilvenning i testapparatet. På tross av at øvelsene skal være tilnærmet identiske og teknisk lite kompliserte, fant også Rutherford m.fl. 1986 store forskjeller mellom ulike tester for å måle styrke i kneekstensjon. I løpet av 12 uker med unilaterale konsentriske kne ekstensjoner økte styrken i 1RM med 200%!!, mens isometrisk kraft målt i dynamometer viste kun en styrke økning på 15-20%. Studiet foreslår at en forbedret evne til å koordinere postural muskulatur kan være med på å stabilisere kroppen under løfting og kan være bakgrunnen for den voldsomme økningen i 1RM. I samsvar med dette fant McArdle m.fl. 2010 store forskjeller mellom ulike kontraksjonsmønstre i samme bevegelsesbane ved bruk av samme muskelgruppe. De rapporterte om styrkeforbedring på 227 % som følge av en periode med styrketrening med kne ekstensjon, men kun en forbedring i styrke på 10-17 % når makskraft ble testet isokinetisk i et dynamometer. Styrkefremgangen vi ser i dette studiet ved 1RM er allikevel ganske likt med det som er rapportert av Raastad m.fl. 2010 og Jones m.fl. 1989 hvor man kan forvente en styrkefremgang på ca. 1 % for hver treningsøkt.

Den raske økningen i styrke i starten av et styrke program kan tilskrives tilvenning til øvelsen og evnen til å aktivere muskulaturen maksimalt (Blazevich m.fl. 2007a). Problemet med co-aktivering av antagonister ser ikke ut til å være en avgjørende faktor i en såpass lite kompleks øvelse som kneekstensjon (Raastad m.fl. 2010). Etter tilpassingen i initieringsfasen er det verdt å merke seg at styrke fremgangen hos kort muskel ikke stiger med samme ratio som hos lang muskel (figur 14). Noe som gjenspeiler disse styrkeresultatene målt uke fra uke er at det ser også ut til å være en større styrke økning (målt ved sine respektive trenings lengder) for lang muskel enn for kort. Henholdsvis en 25 % økning i styrke for lang muskel ved 100° vs. en 14 % økning i styrke for kort muskel ved 20°. Lang muskel har også en klart høyere styrkeforbedring ved 100° knevinkel enn ved 60° og 20°. Dette forholdet er ikke like klart hos kort muskel, men samme tendensene kan observeres ved en signifikant styrke økning målt ved 20° og 60° knevinkel, men ikke ved 100° for kort muskel. Lignede resultater er tidligere dokumentert av Lindh 1979 som trente unilaterale isometriske kontraksjoner av knestrekkerne ved ulike knevinkler (dvs. ved 15° og 60° knevinkel). Ved isometrisk testing på sin respektive treningsvinkel viste lang muskel en økning på 30 % i styrke, mens ved korte muskellengder var styrke økningen kun 12 %. I motsetning til dette studiet, viste Lindh 1979 en tilsvarende respons for kort muskel. Men den relative økningen i styrke registrert ved dette studiet ved lengre muskellengder for kort muskel er allikevel tilsvarende som rapportert fra Lindh 1979. Noe ulikt fra funnene i dette studiet fant Thepaut- Mathieu m.fl. 1988 resultater som kunne tyde på at etter hvert som muskellengden som det trenes på reduseres, minsker muskelen evne til å forbedre muskelstyrken sin ved andre muskellengder dette var mer fremtredende hos muskel som hadde trent ved korte muskellengder, da lang muskel så ut til å ha en jevnere økning i styrke ved alle muskellengder. Dette samsvarer med resultater for lang muskel fra dette studiet, men er noe ulikt resultater fra kort muskel da kort muskel ser ut til å ha en relativt lik forbedring i styrke målt ved alle muskellengder. Resultatene fra McMahon m.fl. 2014 er mer i tråd med resultatene fra dette studiet da kort muskel ser ut til å ha en større grad av styrke økning jo nærmere man kommer den treningsvinkelen hvor mesteparten av treningen har foregått, og at kort muskel kun viser små og til dels ikke signifikante styrke økninger ved alle knevinkler

Ut i fra resultatene til Lindh 1979 kan det se ut som at musklene optimaliserer forholden for maksimal kraftutvikling ved de lengdene den har trent på, men at styrken allikevel øker på andre muskellengder. Forbedringen i styrke ved korte muskellengder for kort muskel var ikke like framtrødende i dette studiet som hos Lindh 1979, og det kan spekuleres i om muskulaturen bruker noe lengre tid til å redusere antall sarkomer i serie som følge av forkortning over tid, enn den bruker på å øke antall sarkomerer i serie som følge av en forlengning over tid. Dette er allikevel motstridende ut i fra resultatene fra Tabary m.fl. 1972, som fant en større reduksjon av sarkomerer i serie som følge av kronisk forkortning av muskel over tid sammenlignet med motsatte adaptasjoner etter forlengning over tid. Det er også viktig å nevne at andre faktorer en kun optimal overlapping av kontraktile proteiner som bestemmer muskelstyrken, og disse resultatene må tolkes med forsiktighet og ses i lys av resultater for fasikkelvinkel og muskeltykkelse. Blant annet er det viktig å adressere er at en optimalisering av sarkomer-lengde for lang muskel vil innebære en addering av sarkomerer i serie og dermed også en økning in kontraktilt materiale. Dette vil ikke være tilfellet for kort muskel og muligens kan man oppnå motsatte tilpasninger. En ulik forandring i styrke kan da tilskrives en økt mengde kontraktile proteiner ved sarkomerogenese. Vi kan ikke kun se på den longitudinelle hypertrofien som forklaring på styrke endringer, men må også ta inn i betraktning at det har vært en betydelig transvers hypertrofi som følge av styrketreningen. Det er ingen signifikante forskjeller i muskeltykkelse mellom lang og kort muskel, men økningen i muskel tykkelse (figur 16) viser tendenser til at økningen er noe større for lang muskel enn kort. Kubo m.fl. 2006 fant en signifikant endring i muskelvolum og styrke etter en 12 uker lang periode med trening av kneekstensorene, men så ingen forskjell mellom muskel som hadde trent isometrisk under lange forhold (100°) og muskel trent ved kortere muskellengder (50°). Det kan derfor tenkes at den observerte forskjellen i styrke økning kommer som en følge av en større transvers hypertrofi hos lang muskel enn hos kort, og ikke er et resultat av eventuelle longitudinelle forandringer.

6.3 Fasikkelvinkel

Argumentet om at det har vært en større transvers hypertrofi hos lang muskel kan også støttes av de forandringen som er blitt registrert av fasikkelvinkel. Selv om resultatene for fasikkelvinkel fra dette studiet er noe uklare, kan det tyde på at styrke

trening øker fasikkelvinkelen noe. Det var ingen signifikante forskjeller mellom kort og lang muskel, men en reduksjon på 3.9 % i fasikkelvinkel for kort muskel målt ved 20° knevinkel i hvile og en signifikant 16.1 % økning i fasikkelvinkel for lang muskel ved 60° i hvile tyde på at det er tendenser til en større økning i fasikkelvinkel for lang muskel enn hos kort. Uten at det er signifikante forskjeller, er det jevnt over en tendens til at lang muskel har en litt større prosentvis økning i fasikkelvinkel ved alle leddvinkler enn kort muskel. Ut i fra dette kan det tyde på at det har skjedd en større transvers hypertrofi hos lang muskel. McMahon m.fl. 2014 fant i likhet med dette studiet en liten økning i fasikkelvinkel. De fant heller ingen signifikant forskjell mellom lang og kort muskel, men en tendens til større økning av fasikkelvinkel i lang muskel kunne observeres ved en økning på $2 \pm 5\%$ vs. $9 \pm 6\%$ for henholdsvis kort og lang muskel.

Selv om den relative belastningen i dette studiet var lik for begge ben, var den absolutte vekten som ble benyttet under trening for lang muskel betraktelig høyere enn for kort muskel. Ut i fra det vi vet om at størrelsen på draget er av stor betydning for muskeladaptasjoner (Raastad m.fl. 2010), kan det derfor tenkes at stimuliet til muskelvekst har vært noe høyere for lang muskel, og at en større mer generell hypertrofi enn kun longitudinelle forandringer, kan være årsaken til de tendensene man ser til ulik utvikling av styrke mellom kort og lang muskel

6.4 Fasikkellengde

Målinger av fasikkel lengde viste at lang muskel jevnt over hadde små (ca. 5%) økninger i fasikkellengde, men den var kun signifikant forskjellig (15.1 % økning) fra før trening målt i hvile ved 20° knevinkel for lang muskel. Tilsvarende økninger i fasikkellengde kunne også ved flere anledninger registreres hos kort muskel, og dette gjorde at økningen i fasikkellengde for lang muskel kun var signifikant forskjellig fra kort muskel ved 60° knevinkel. Sett under ett er det ingen klare svar på at en kronisk forlengning av muskulaturen under arbeid leder til lengre muskelfibre. For kort muskel var resultatene noe sprikende ved både økninger og nedganger i fasikkel lengde. Disse resultatene var ikke signifikante, og det store bildet er at det var få forandringer i fasikkellengde for kort muskel. Noe av grunnet til at man ikke så gjennomgående forskjeller i fasikkellengde mellom lang og kort muskel var at kort muskel, noe uventet, hadde en ikke signifikant økning i fasikkellengde på 14.2 % ved

20° knevinkel. På bakgrunn av det kan det tenke seg at kort muskel i realiteten trente med en noe forlenget muskel i forhold til normal muskelbruk som ved f. eks gange og løp. Winter 1984 viser at knevinkelen i stand fasen ved gange er mellom 0° og 40°, mens Biewener m.fl. 2004 fant at knevinkelen i stand fasen varierte mellom 4 og 26° ved gange og at denne forandret seg til mellom 16 og 46° ved løp. Knevinkelen ved kontakttidspunktet, der kraften som utvikles i muskelen er høyest, ligger mellom 5 og 11° ved løp i følge Hardin m.fl. 2004. Det er derfor mulig at trening ved muskellengder der muskel arbeider ved en knevinkel på 60-10°(kort muskel) gir en liten positiv økning i fasikkellengde selv for kort muskel. Dette kan også forklare de noe uventede resultatene for kort muskel målt ved 100° knevinkel der vi ser en økning i fasikkellengde på 7.1 %. Disse resultatene er riktignok ikke signifikant forskjellige fra pre til post, og et standardavvik på opp mot 30 % viser at store individuelle forskjeller kan ha vært med på å påvirke disse resultatene.

6.5 Aktiveringsgrad

Noen av de faktor som påvirker de mekanismene som øker proteinsyntesen er drag og metabolsk stress (Raastad m.fl. 2010). Begge disse blir best stimulert ved maksimal aktivering av muskelen, og det kan se ut til at man ikke fullt ut klarer å aktivere quadriceps muskulaturen ved voluntære maksimale kontraksjoner (Strojnik 1995) og at maksimal aktivering av muskulatur på korte muskellengder er noe lavere enn ved lange muskellengder (Prasartwuth m.fl. 2006). Det kan også se ut til at aktiveringsgraden er noe høyere ved isometriske kontraksjoner i forhold til dynamiske kontraksjoner (Shield og Zhou 2004). Når vi ser på den praktiske gjennomføringen av treningen gjort i dette studiet, og hvordan muskeltrøtthet påvirker bevegelsesmønsteret og kontraksjonstypen, er det verdt å merke seg at ”sticking point” for lang muskel var ved ca. 100° knevinkel, og ved forholdsvis lange muskellengder. Ved tilstrekkelig muskeltrøtthet var det ved denne leddvinkelen det ble gjennomført maksimale isometriske kontraksjoner når trøtthet sørget for at kraften i quadriceps ikke var tilstrekkelig for å gjennomføre dynamiske kontraksjoner. For kort muskel var ”sticking point” i slutten av bevegelsesbanen og det var derfor alltid mulig å gjennomføre en dynamisk kontraksjon ved alle repetisjoner, selv når muskeltrøtthet inntraff. Ut i fra det kan en mulig årsak til en mindre styrke økning hos kort muskel være er resultatet av at aktiveringen ikke har vært maksimal i samme grad som hos lang muskel, og derfor at stimulit til muskelvekst er noe redusert. Et studie fra Sola

m.fl. 1973 viste riktignok at aktivering av muskulaturen under kontinuerlig strekk ikke var et like sterkt stimuli som strekket selv, og de observerte forskjellene i aktiveringsgrad mellom kort og lang muskel for Prasartwuth m.fl. 2006 var riktignok minimale (4%) og med store individuelle forskjeller.

Man kan allikevel stille spørsmålstegn ved om aktiveringsgraden var lik for både lang og kort muskel. Forholdet mellom indre og ytre dreiemoment var likest ved initieringen av kraften for lang muskel, og aktiveringsmønsteret var derfor alltid maksimalt i starten på bevegelsen (og deretter avtagende i et forsøk på å forsikre en konsentrisk dragtid på 3 sek). Siden vinkelhastighet ikke var kontrollert for og aktiveringsgraden for kort muskel var motsatt av den for lang muskel (gradvis økende i et forsøk på å forsikre en konsentrisk dragtid på 3 sek) kan det tenkes at lang muskel hadde en høyere aktivering og en noe lengre periode (i tid) hvor muskel var maksimalt aktivert enn kort muskel. Som nevnt er ikke vinkelhastighet kontrollert for under trening, og slike antagelser er basert på treningsveileders subjektive observasjoner under treningen og kunnskap om kraft- hastighetsforholdet til en kontraherende muskel.

Det er en del utfordringene ved å bruke dynamiske kontraksjoner ved submaksimale belastninger under trening grunnet problematikken med å kontrollere for at aktiveringen, belastningen og dragtid er så likt som mulig. Et forslag for å regulerer aktiveringen kan være å stimulere musklene elektrisk i tillegg til maksimal voluntær kraft. På den måten blir draget i muskulaturen så høyt som mulig for den gitte muskellengden uavhengig av leddvinkel. Ved å måle EMG forsikrer man også at maksimal aktivering er oppnådd. Øvelsene bør også være isokinetiske slik at lik dragtid tilbringes ved hver muskellengde, på den måten får ikke forskjellige muskellengder forskjellig stimuli. Dette er en optimal standardisering og er vanskelig å få til i praksis da det er både tid og ressurskrevende og gjennomføre slike protokoller.

7.0 Konklusjon

Funnene i denne studien viser i likhet med andre studier (Aagaard m.fl. 2001, Seynnes m.fl. 2007) at styrketrening har en effekt på både muskeltykkelse og kraftutvikling. Det var ingen klare resultater av at trening på forskjellig muskellengder endret hverken styrken eller muskeltykkelsen ulikt, men tendenser til en noe større økning i både styrke og muskeltykkelse ble observert hos muskel som hadde trent under forlengede forutsetninger. Fasikkelvinkel og fasikkellengde var i liten grad påvirket av styrketreningen utført i dette studiet, men gjennomgående små økninger kunne ses for både lang og kort muskel. Det var også tendenser til en noe større økning hos lang muskel for både fasikkel vinkel og fasikkel lengde. Det må nevnes at de individuelle variasjonene blant deltagerne i dette studiet er svært store og respondensen var ofte divergerende. Det var enkelte problemer med å matche pre mot post ultralyd bilder og det spekuleres i at dette kan være noe av grunnen til de store variasjonene i datamaterialet. Dette er med på å prege resultatene, og man kan ikke utelukke at et større datamateriale kunne bidratt til å produsere signifikante resultater der dette studiet fant tendenser. Mulige årsaker til at lang muskel viser større økninger og tendenser til større økninger på alle parametere enn kort muskel, kan relateres til et større stimuli ved styrketreningen i form av et større drag i muskulaturen. Dette har spesielt påvirket muskeltykkelsen, og som en følge av dette en økning i styrke. Ut i fra funn i dette studiet bør styrketrening utføres ved lange muskellengder, og i de banene hvor muskelen genererer stor kraft, for å modulere muskel morfologi til å utvikle egenskaper som forbedrer muskel funksjon.

8.0 Fremtidig forskning

Fremtidige undersøkelser av effekten på muskelarkitektur ved aktivering av muskulatur på ulike muskellengder, bør trene muskulaturen ved ytterpunktene i forhold til optimal sarkomer lengde. Hastigheten og lengden som muskelen jobber under, bør i så stor grad som mulig, nøyaktig kontrolleres . Trening bør derfor gjennomføres i et isokinetisk dynamometer hvor man forsikrer aktiveringsgraden og den reelle belastningen som muskelen jobber under.

9.0 Begrensninger

Grunnet studiets omfang og varighet, var det ikke tilstrekkelig resurser til at det kontralaterale benet kunne tjene som kontroll. Ei heller var det mulig og ha en egen kontrollgruppe inne for testing. Selv om data fra isokinetiske tester ble hentet inn, var det dessverre ikke tid til å analysere disse. Disse resultatene kunne belyst hvordan endring av muskelarkitektur har praktiske konsekvenser for hastigheten på kraftutviklingen. Det var heller ikke mulighet til å utføre ultralyd målinger ved ulike lengder av muskelbuken hverken i hvile eller når muskelen var maksimalt kontrahert. McMahon m.fl. 2014, og Blazevich m.fl. 2006 har tidligere vist at tverrsnittet, tykkelsen og fasikkel vinkelen til vastus lateralis er i stor grad påvirket av hvor på muskelen man måler. Slike målinger kunne ytterligere gjort rede for om hvorvidt adaptasjoner i muskelarkitekturen foregår ved ulike lengder av muskelen.

10.0 Referanser

- Aagaard, S. Peter Magnusson, and Michael Kjaer. "Resistance Training Induces Qualitative Changes in Muscle Morphology, Muscle Architecture, and Muscle Function in Elderly Postoperative Patients." *Journal of Applied Physiology* 105, no. 1 (July 1, 2008): 180–86. doi:10.1152/jappphysiol.01354.2007.
- Aagaard P., Andersen J. L., Dyhre- Poulsen P., Leffers A-M., Wagner A., Magnusson S. P., Halkjær- Kristensen J. & Simonsen E. B. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture., *Journal of Physiology*, 534.2, p.613–623.
- Aagaard, P., E. B. Simonsen, M. Trolle, J. Bangsbo, and K. Klausen. "Specificity of Training Velocity and Training Load on Gains in Isokinetic Knee Joint Strength." *Acta Physiologica Scandinavica* 156, no. 2 (February 1, 1996): 123–29. doi:10.1046/j.1365-201X.1996.438162000.x.
- Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. (2002) Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 93: 1318–1326.
- Alegre, Luis M., Fernando Jiménez, José Manuel Gonzalo-Orden, Rafael Martín-Acero, and Xavier Aguado. "Effects of Dynamic Resistance Training on Fascicle Length and Isometric Strength." *Journal of Sports Sciences* 24, no. 5 (May 1, 2006): 501–8. doi:10.1080/02640410500189322.
- Azizi J, Brainerd EL, Roberts TJ, Variable gearing in pennate muscles. *PNAS*. 2008 ; 105(5):1745–1750
- Blazevich A. J., Gill N.D., Bronks R., Newton R.U. (2003) Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk concurrent training in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 35: p. 2013–2022

- Blazevich, Anthony J., Nicholas D. Gill, and Shi Zhou. "Intra- and Intermuscular Variation in Human Quadriceps Femoris Architecture Assessed in Vivo." *Journal of Anatomy* 209, no. 3 (September 2006): 289–310. doi:10.1111/j.1469-7580.2006.00619.x.
- Blazevich, Dr Anthony J. "Effects of Physical Training and Detraining, Immobilisation, Growth and Aging on Human Fascicle Geometry." *Sports Medicine* 36, no. 12 (December 1, 2006): 1003–17. doi:10.2165/00007256-200636120-00002.
- Blazevich A. J., Gill N.D., Deans N., Zhou S., (2007a). Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training, Vol 35, Issue 1, p. 78–86
- Blazevich A. J., Cannavan D., Coleman D. R. & Horne S. (2007b). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *J Appl Physiol* 103: p. 1565–1575
- Biewener, Andrew A., Claire T. Farley, Thomas J. Roberts, and Marco Temaner. "Muscle Mechanical Advantage of Human Walking and Running: Implications for Energy Cost." *Journal of Applied Physiology* 97, no. 6 (December 1, 2004): 2266–74. doi:10.1152/jappphysiol.00003.2004.
- Bojsen-Moller, J., P. Hansen, P. Aagaard, M. Kjaer, and S. P. Magnusson. "Measuring Mechanical Properties of the Vastus Lateralis Tendon-Aponeurosis Complex in Vivo by Ultrasound Imaging." *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 13, no. 4 (August 2003): 259–65. doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00301.x.
- Brainerd, E. L. "Muscle Fiber Angle, Segment Bulging and Architectural Gear Ratio in Segmented Musculature." *Journal of Experimental Biology* 208, no. 17 (September 1, 2005): 3249–61. doi:10.1242/jeb.01770.
- Butterfield T. A., Leonard T. R. & Herzog W. (2005) Differential serial sarcomere number adaptations in knee extensor muscles of rats is contraction type dependent. *J Appl Physiol* 99: p. 1352–1358.

- Caiozzo, V. J., J. J. Perrine, and V. R. Edgerton. "Training-Induced Alterations of the in Vivo Force-Velocity Relationship of Human Muscle." *Journal of Applied Physiology* 51, no. 3 (September 1, 1981): 750–54.
- Close, R. I. "Dynamic Properties of Mammalian Skeletal Muscles." *Physiol. Rev* 52, no. 1 (1972): 129–97.
- Dahl H.A., Mest om muskel-essensiell muskelbiologi, 2008, Cappelen akademisk forlag
- Fukunaga T., Ichinose Y., Ito M., Kawakami Y. & Fukashiro S. (1997a). Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo, *J. Appl. Physiol.* 82(1): p. 354–358.
- Fukunaga T., Kawakami Y., Kuno S., Funato K., Fukashiro S. (1997b). Muscle architecture and function in humans, *Journal of Biomechanics*, Volume 30, Issue 5, p. 457-463.
- Goldspink, G. "Changes in Striated Muscle Fibres during Contraction and Growth with Particular Reference to Myofibril Splitting." *Journal of Cell Science* 9, no. 1 (1971): 123–37.
- Goldspink, Geoffrey, and Stephen Harridge. "Cellular and Molecular Aspects of Adaptation in Skeletal Muscle." *Strength and Power in Sport 2* (1992).
- Goldspink, G., C. Tabary, J. C. Tabary, C. Tardieu, and G. Tardieu. "Effect of Denervation on the Adaptation of Sarcomere Number and Muscle Extensibility to the Functional Length of the Muscle." *The Journal of Physiology* 236, no. 3 (February 1974): 733–42.
- Hardin, Elizabeth C., Antonie J. van den Bogert, and Joseph Hamill. "Kinematic Adaptations during Running: Effects of Footwear, Surface, and Duration." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, no. 5 (2004): 838–44.

- Henriksson-Larsén K, Wretling ML, Lorentzon R, Oberg L. (1992). Do muscle fibre size and fibre angulation correlate in pennated human muscles? *Eur J. Appl Physiol Occup Physiol.* 64(1):68-72.
- Hill, A. V. "The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle." *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences* 126, no. 843 (October 10, 1938): 136–95. doi:10.1098/rspb.1938.0050.
- Hoy, Melissa G., Felix E. Zajac, and Michael E. Gordon. "A Musculoskeletal Model of the Human Lower Extremity: The Effect of Muscle, Tendon, and Moment Arm on the Moment-Angle Relationship of Musculotendon Actuators at the Hip, Knee, and Ankle." *Journal of Biomechanics* 23, no. 2 (1990): 157–69.
- Ichinose, Y., H. Kanehisa, M. Ito, Y. Kawakami, and T. Fukunaga. "Morphological and Functional Differences in the Elbow Extensor Muscle between Highly Trained Male and Female Athletes." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 78, no. 2 (June 1, 1998): 109–14. doi:10.1007/s004210050394.
- Ichinose, Y., Y. Kawakami, M. Ito, H. Kanehisa, and T. Fukunaga. "In Vivo Estimation of Contraction Velocity of Human Vastus Lateralis Muscle during 'isokinetic' Action." *Journal of Applied Physiology* 88, no. 3 (March 1, 2000): 851–56.
- Jones, D. A., O. M. Rutherford, and D. F. Parker. "Physiological Changes in Skeletal Muscle as a Result of Strength Training." *Experimental Physiology* 74, no. 3 (May 1, 1989): 233–56.
- Kawakami Y, Abe T & Fukunaga T. (1993). Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol*, 74. p. 2740-2744.
- Kawakami Y., Abe T., Kuno S-Y., Fukunaga T., (1995). Training-induced changes in muscle architecture and specific tension., *Eur J Appl Physiol* 72: p. 37-43

Kearns, Charles F., Masanori Isokawa, and Takashi Abe. "Architectural Characteristics of Dominant Leg Muscles in Junior Soccer Players." *European Journal of Applied Physiology* 85, no. 3–4 (August 1, 2001): 240–43. doi:10.1007/s004210100468.

Koh, Timothy J, and Walter Herzog. "Eccentric Training Does Not Increase Sarcomere Number in Rabbit Dorsiflexor Muscles." *Journal of Biomechanics* 31, no. 5 (May 1998): 499–501. doi:10.1016/S0021-9290(98)00032-3.

Kraemer, William J., Kent Adams, Enzo Cafarelli, Gary A. Dudley, Cathryn Dooly, Matthew S. Feigenbaum, Steven J. Fleck, et al. "American College of Sports Medicine Position Stand. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, no. 2 (February 2002): 364–80.

Kubo, K., K. Ohgo, R. Takeishi, K. Yoshinaga, N. Tsunoda, H. Kanehisa, and T. Fukunaga. "Effects of Isometric Training at Different Knee Angles on the Muscle–tendon Complex in Vivo." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 16, no. 3 (2006): 159–67.

Kumagai, K., T. Abe, W. F. Brechue, T. Ryushi, S. Takano, and M. Mizuno. "Sprint Performance Is Related to Muscle Fascicle Length in Male 100-M Sprinters." *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 88, no. 3 (March 2000): 811–16.

Kwah, Li Khim, Rafael Z. Pinto, Joanna Diong, and Robert D. Herbert. "Reliability and Validity of Ultrasound Measurements of Muscle Fascicle Length and Pennation in Humans: A Systematic Review." *Journal of Applied Physiology* 114, no. 6 (2013): 761–69.

König, Niklas, Michael Cassel, Konstantina Intziegianni, and Frank Mayer. "Inter-Rater Reliability and Measurement Error of Sonographic Muscle Architecture Assessments." *Journal of Ultrasound in Medicine* 33, no. 5 (2014): 769–77.

- Leivseth, G., J. Torstensson, and O. Reikerås. "Effect of Passive Muscle Stretching in Osteoarthritis of the Hip." *Clinical Science (London, England: 1979)* 76, no. 1 (January 1989): 113–17.
- Lieber R.L. Book. *Skeletal muscle structure and function: implications for physical therapy and sports medicine*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1992. p. 303
- Lieber R.L. & Friden J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture Inc. *Muscle Nerve* 23: p. 1647–1666
- Lieber, Richard L., and Jan Fridén. "Clinical Significance of Skeletal Muscle Architecture." *Clinical Orthopaedics and Related Research* 383 (2001): 140–51.
- Lindh M., "Increase of Muscle Strength from Isometric Quadriceps Exercises at Different Knee Angles." *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 11, no. 1 (December 1978): 33–36.
- Lynn R., Talbot J. A. and Morgan D. L. (1998). Differences in rat skeletal muscles after incline and decline running. *J. Appl. Physiol.* 85: p. 98–104.
- Maganaris, Constantinos N, Vasilios Baltzopoulos, and Anthony J Sargeant. "In Vivo Measurements of the Triceps Surae Complex Architecture in Man: Implications for Muscle Function." *The Journal of Physiology* 512, no. Pt 2 (October 15, 1998): 603–14. doi:10.1111/j.1469-7793.1998.603be.x.
- Marshall, R. N., S. M. Mazur, and N. a. S. Taylor. "Three-Dimensional Surfaces for Human Muscle Kinetics." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 61, no. 3–4 (October 1, 1990): 263–70. doi:10.1007/BF00357610.
- McArdle, William D., Frank I. Katch, and Victor L. Katch. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- McMahon, Gerard E., Christopher I. Morse, Adrian Burden, Keith Winwood, and Gladys L. Onambélé. "Impact of Range of Motion During Ecologically Valid Resistance

Training Protocols on Muscle Size, Subcutaneous Fat, and Strength:” *Journal of Strength and Conditioning Research* 28, no. 1 (January 2014): 245–55.
doi:10.1519/JSC.0b013e318297143a.

Narici, M. V., T. Binzoni, E. Hiltbrand, J. Fasel, F. Terrier, and P. Cerretelli. “In Vivo Human Gastrocnemius Architecture with Changing Joint Angle at Rest and during Graded Isometric Contraction.” *The Journal of Physiology* 496, no. Pt 1 (1996): 287–97.

Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti EA, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. (1989). *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 59, (4): 310-319

Neumann, Donald A. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for physical Rehabilitation*. Elsevier Health Sciences, 2012.

Potier T. G., Alexander C. M., Seynnes O. R., (2009). Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement. *Eur J Appl Physiol*, 105: p. 939–944.

Prasartwuth, O, T J Allen, J E Butler, S C Gandevia, and J L Taylor. “Length-Dependent Changes in Voluntary Activation, Maximum Voluntary Torque and Twitch Responses after Eccentric Damage in Humans.” *The Journal of Physiology* 571, no. Pt 1 (February 15, 2006): 243–52. doi:10.1113/jphysiol.2005.101600.

Putz R. og Pabst R., ”Sobotta- Atlas of human anatomy, Volume 2, Trunk, Viscera, Lower limb ”, 14th edition, 2006, Urban and Fischer Verlag

Rana, Manku, Ghassan Hamarneh, and James M. Wakeling. “3D Fascicle Orientations in Triceps Surae.” *Journal of Applied Physiology* 115, no. 1 (July 1, 2013): 116–25.
doi:10.1152/jappphysiol.01090.2012.

- Randhawa, Avleen, Meghan E. Jackman, and James M. Wakeling. "Muscle Gearing during Isotonic and Isokinetic Movements in the Ankle Plantarflexors." *European Journal of Applied Physiology* 113, no. 2 (February 1, 2013): 437–47. doi:10.1007/s00421-012-2448-z.
- Rutherford, O. M., and D. A. Jones. "The Role of Learning and Coordination in Strength Training." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 55, no. 1 (April 1, 1986): 100–105. doi:10.1007/BF00422902.
- Raastad T., Paulsen G., Refsnes P.E., Rønnestad B. R., Wisnes A.R., "Styrketrening –i teori og praksis," Gyldendal Norsk Forlag AS, 2010.
- Seynnes O. R., de Boer M., Narici M.V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *J. Appl Physiol* 102: p. 368–373
- Schott, J., K. McCully, and O. M. Rutherford. "The Role of Metabolites in Strength Training." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 71, no. 4 (September 1, 1995): 337–41. doi:10.1007/BF00240414.
- Shield, Dr Anthony, and Shi Zhou. "Assessing Voluntary Muscle Activation with the Twitch Interpolation Technique." *Sports Medicine* 34, no. 4 (April 1, 2004): 253–67. doi:10.2165/00007256-200434040-00005.
- Smidt, Gary L. "Biomechanical Analysis of Knee Flexion and Extension." *Journal of Biomechanics* 6, no. 1 (January 1973): 79–92. doi:10.1016/0021-9290(73)90040-7.
- Sola, O. M., D. L. Christensen, and A. W. Martin. "Hypertrophy and Hyperplasia of Adult Chicken Anterior Latissimus Dorsi Muscles Following Stretch with and without Denervation." *Experimental Neurology* 41, no. 1 (October 1973): 76–100. doi:10.1016/0014-4886(73)90182-9.
- Spector S.A., Simard C.P., Fournier M., Sternlicht E. & Edgerton V.R. (1982). Architectural alterations of rat hindlimbs skeletal muscles immobilized at different lengths. *Exp Neurol* ;76, p. 94–110.

Staron, R. S., D. L. Karapondo, W. J. Kraemer, A. C. Fry, S. E. Gordon, J. E. Falkel, F. C. Hagerman, and R. S. Hikida. "Skeletal Muscle Adaptations during Early Phase of Heavy-Resistance Training in Men and Women." *Journal of Applied Physiology* 76, no. 3 (March 1, 1994): 1247–55.

Strojnik, Vojko. "Muscle Activation Level during Maximal Voluntary Effort." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 72, no. 1–2 (January 1, 1995): 144–49. doi:10.1007/BF00964129.

Suetta, Charlotte, Jesper L. Andersen, Ulrik Dalgas, Jakob Berget, Satu Koskinen, Per Aagaard, S. Peter Magnusson, and Michael Kjaer. "Resistance Training Induces Qualitative Changes in Muscle Morphology, Muscle Architecture, and Muscle Function in Elderly Postoperative Patients." *Journal of Applied Physiology* 105, no. 1 (July 1, 2008): 180–86. doi:10.1152/jappphysiol.01354.2007.

Supinski G. S. and Kelsen S. G. (1982). Effect of Elastase-induced Emphysema on the Force-generating Ability of the Diaphragm. *Journal of Clinical Investigation*; 70. p. 978–988.

Tabary, J. C., C. Tabary, C. Tardieu, G. Tardieu, and G. Goldspink. "Physiological and Structural Changes in the Cat's Soleus Muscle due to Immobilization at Different Lengths by Plaster Casts." *The Journal of Physiology* 224, no. 1 (July 1972): 231–44.

Thepaut-Mathieu, C., J. Van Hoecke, and B. Maton. "Myoelectrical and Mechanical Changes Linked to Length Specificity during Isometric Training." *Journal of Applied Physiology* 64, no. 4 (April 1, 1988): 1500–1505.

Wakeling, James M., Ollie M. Blake, Iris Wong, Manku Rana, and Sabrina S. M. Lee. "Movement Mechanics as a Determinate of Muscle Structure, Recruitment and Coordination." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366, no. 1570 (May 27, 2011): 1554–64. doi:10.1098/rstb.2010.0294.

Williams P. E., Catanese T., Lucey E. G. & Goldspink G. (1988). The importance of stretch and contractile activity in the prevention of connective tissue accumulation in muscle. *Journal of Anatomy*; 158, p. 109-114.

Williams, P E, and G Goldspink. "The Effect of Immobilization on the Longitudinal Growth of Striated Muscle Fibres." *Journal of Anatomy* 116, no. Pt 1 (October 1973): 45–55.

Williams P., Goldspink G. (1976). The effect of denervation and dystrophy on the adaptation of sarcomere number to the functional length of the muscle in young and adult mice. *Journal of Anatomy*; 122 p. 455–465.

Williams P., Goldspink G. (1978). Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *Journal of Anatomy*; 127. p.459–468.

Winter, David A. "Kinematic and Kinetic Patterns in Human Gait: Variability and Compensating Effects." *Human Movement Science* 3, no. 1–2 (March 1984): 51–76. doi:10.1016/0167-9457(84)90005-8.

Yamaguchi, G. T., A. G. U. Sawa, D. W. Moran, M. J. Fessler, and J. M. Winters. "A Survey of Human Musculotendon Actuator Parameters." *Multiple Muscle Systems: Biomechanics and Movement Organization*, 1990, 717–73.

Zuurbier, C. J., and P. A. Huijing. "Changes in Geometry of Actively Shortening Unipennate Rat Gastrocnemius Muscle." *Journal of Morphology* 218, no. 2 (November 1, 1993): 167–80. doi:10.1002/jmor.1052180206.

Figur og tabell oversikt

Figur 1	Illustrasjon :Hills kurve	side 13
Figur 2	Illustrasjon : fasikkel vinkel og kraftutvikling	side 14
Figur 3 A+B	Illustrasjon: A kraft lengde forholdet	side 15
Figur 4	Illustrasjon: Dreiemoment og	side 17
Figur 5	Illustrasjon: ellipseskive og ytre dreiemoment	side 26
Figur 6A+B+CBilde:	Knevinkler hos lang og kort trent muskel	side 27-28
Figur 7 A+B	Bilde: matching av pre og post	side 30
Figur 8	Bilde: Testsituasjon med moment og ultralydmåling	side 32
Figur 9	Bilde : Testsituasjon med moment og ultralydmåling	side 32
Figur 10	Illustrasjon: <i>synkronisering av data</i>	<i>side 34</i>
Figur 11	Bilde + Illu: <i>synkronisering av ultralyd og moment data</i>	<i>side 35</i>
Figur 12	Bilde: <i>ultralyd fasikkel vinke lanalyse</i>	<i>side 37</i>
Figur 13	Bilde: <i>Ultralyd fasikkel lengde analyse</i>	<i>side 38</i>
Figur 14	Graf: <i>Endring i IRM for kort og lang muskel</i>	<i>side 39</i>
Figur 15	Graf: <i>Økning i dreiemoment for kort og lang muskel</i>	<i>side 40</i>
Figur 16	Graf: <i>Endring i muskeltykkelse for kort og lang muskel</i>	<i>side 41</i>
Tabell 1	varigheten på trening: pauser og serier	side 29
Tabell 2	endring i fasikkel vinkel for kort og lang muskel	side 42
Tabell 3	endring i fasikkel lengde for kort og lang muskel	side 43

Vedlegg 1: Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

”Effekten av styrketrening med forskjellig leddutslag på muskelarkitektur”

Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg om å delta i en forskningsstudie der vi skal se nærmere på effekten av styrketrening innenfor to forskjellige leddutslag, også kalt ”range of motion” (ROM), og hvordan det påvirker muskelarkitekturen i lårmuskulaturen. Arkitekturen til muskelfibrene har vist seg å ha en stor sammenheng med genereringen av kraft, og er derfor av stor interesse og viktighet når man prøver å forså bevegelse. Selv om det er vist gjentatte ganger at arkitekturen til muskelfibre kan forandre seg over tid, strides det fremdeles om hva som er stimuli til forandringen man ser. Trening, i form av at stress påføres muskulaturen, har vist seg å være et viktig stimuli for å oppnå disse forandringene, men nå ser det også ut til at muskellengden som muskelen jobber på, spille en avgjørende rolle. I denne studien ønsker vi at forsøkspersonene trener med lik relativ belastning på to forskjellige ROM, slik at man kan se i hvilken grad ROM har å si for forandringer i muskelarkitekturen.

Hva innebærer studien?

Denne studien omfatter at du som forsøksperson gjennomfører en pretest, en treningsintervensjon og en posttest. Alle treningsøkter og all testing vil være veiledet. Maksimale styrketester samt ultralyd målinger av vastus lateralis gjennomføres på Norges idrettshøgskole. For tidsaspekt og mer utdypende forklaringer: se kapittel A

Mulige fordeler og ulemper

Studien oppholder deg relativt lite sammenlignet med andre mer omfattende trenings- og kostholdstudier, men krever allikevel at du setter av noe tid til trening 3 ganger i uka, og at du stiller til testing på Norges Idrettshøgskole ved 2 anledninger. Dette vil ta noe av din tid og oppmerksomhet, men vi vil legge til rette for deg så godt som mulig. Som forsøksperson står du fritt til å velge når du ønsker å gjennomføre treningen din, men treningen må avtales med prosjektleder eller medarbeidere, fordi den må gjennomføres under tilsyn av noen som er involvert i studien. Øktene kan tilpasses slik at det er i forbindelse med evt. annen trening du har. Som deltager får du mulighet til gratis å gjennomføre en del kostbare tester og analyser som du vanligvis ikke får anledning til. Du vil også få et innblikk i hvordan forskning bedrives i tillegg til at du vil tilegne deg ny kunnskap om egen fysisk prestasjon. Etter testingen kan vi hjelpe deg med å ta ut og tolke resultat som kan hjelpe deg i videre treningsarbeid.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene og prøvene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennerende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger og prøver gjennom en navneliste. Det er kun prosjektleder og medarbeidere som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dette vil ikke få konsekvenser for din videre behandling. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Om du nå sier ja til å delta, kan du senere trekke tilbake ditt samtykke uten at det påvirker din øvrige behandling. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til studien, kan du kontakte: Magnus Børresen, Email: magnus.borre@gmail.com ,Tel: +47 414 38 006

Ytterligere informasjon om studien finnes i kapittel A – utdypende forklaring av hva studien innebærer.

Ytterligere informasjon om biobank, personvern og forsikring finnes i kapittel B – personvern, biobank, økonomi og forsikring.

Samtykkeerklæring følger etter kapittel B.

Kapittel A- utdypende forklaring av hva studien innebærer

Kriterier for deltakelse i studien

Vi søker etter menn og kvinner mellom 18 og 35 år ved Norges idrettshøgskole. Du kan ikke være eliteutøver innenfor en idrett, men du kan være fysisk aktiv. Du kan ikke bedrive annen styrketrening på benmuskulatur enn det studiet pålegger deg mens du gjennomfører studiet. Som forsøksperson må du ikke ha skader eller sykdom av betydning som påvirker testingen eller din fysiske prestasjon.

Beskrivelse av studien

Pretest

Pretesten gjennomføres noen dager før intervensjonen starter og består av maksimale styrketester i dynamometer og ultralydmålinger av vastus lateralis muskulaturen både i hvile og under maksimale kontraksjoner. Disse testene tar ca. 1,5 time å gjennomføre.

Trenings-intervensjonen

Forsøkspersonene skal trene ett bens kneekstensjon med en ROM fra 110-60° knevinkel på det ene benet og med en ROM fra 60-10° knevinkel på det andre benet. 0° er definert som utstrakt kne. Hvilket ben som trener innenfor hvilken leddvinkel er randomisert. Treningen består av 3 økter/uke for 10 uker, og hver økt består av følgende:

- 5 min lett oppvarming på ergometersykel
- submaksimale kneekstensjoner i apparat for tilvenning
- 4 x 10 dynamiske kneekstensjoner i apparat
 - intensitet: 80 % av 1RM.
 - Pauser: 1 min mellom hvert sett.

Totalt tar en økt kun ca. 15-20 minutter å gjennomføre.

Hver repetisjon varer i ca. 6 sekunder der man bruker like lang tid, hhv. 3 sek på både den konsentriske og eksentriske fasen. Et sett har da en varighet på ett minutt.

Tidsrommet mellom 2 økter må være minimum 24 timer, men kan også være lenger.

Posttest

Posttestene er identiske med pretestene og gjennomføres i kort tid etter at intervensjonen er avsluttet.

På testdagene, anbefales forsøkspersonen å ha på seg/eller med seg klær som gjør det mulig å gjøre ultralyd målinger på yttersiden av hele låret. Shorts o.l. fungerer fint når slike målinger må gjøres rett på huden.

Tidsskjema

Testingen og treningen vil foregå i tidsrommet september 2013-desember 2013. Estimert tidsbruk for hver enkel forsøksperson vil være ca. 11 uker (Pretest + 10 uker trening + Posttest).

Risikovurdering

Vi anser risikoen for skader eller andre komplikasjoner i forbindelse med det maksimale muskelarbeidet som svært liten, men noen kan føle ubehag da man trenger å ta i maksimalt under arbeidet.

Kapittel B - Personvern, økonomi og forsikring

Personvern

Opplysninger som registreres om deg er kontakinformasjon, vekt, høyde, alder og resultater fra de fysiologiske testene. Datamaterialet vil kun bli benyttet av forskere og masterstudenter ved samme institusjon. All informasjon vil bli slettet når studiet er avsluttet.

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

Hvis du sier ja til å delta i studien, har du rett til å få innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Du har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Økonomi

Studien er finansiert gjennom forskningsmidler fra Norges idrettshøgskole. Forsøkspersonen vil ikke motta honorar for å delta i studien, men studien vil ikke påføre forsøkspersonen kostnader.

Forsikring

Staten er selvassurandør

Informasjon om utfallet av studien

Når studien er ferdig vil vi invitere alle forsøkspersonene til et informasjonsmøte der resultatene fra studien vil bli presentert.



Samtykke til deltakelse i studien

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Stedfortredende samtykke når berettiget, enten i tillegg til personen selv eller istedenfor

(Signert av nærstående, dato)

Vedlegg 3: Spørreskjema til Forsøkspersoner

Navn:

Alder:

Høyde (cm)- oppgi ca. hvis du ikke vet eksakt:

Vekt (kg)- oppgi ca. hvis du ikke vet eksakt :

Skriv et par linjer om din ”idrettsbakgrunn”. Hva har du drevet med av idrett og aktivitet tidligere? Nevn de aktivitetene du har drevet mest med, organisert idrett, eller på eget initiativ. Gjengi gjerne tidsaspektet også. (Eks : 5 år med fotball fra jeg var 8-13 år. Langrenn aktivt fra jeg var 10-15 år. Driver kun med løping og styrketrening nå de siste årene....bla bla bla...osv.)

Nedenfor er det noen spørsmål med alternativer. Merk svaret ditt med **rødt**

Eksempel.....

Er du snill?

Aldri

Sjelden

Som oftest

Alltid

Svar gjerne/helst så utdypende som mulig i kommentarfeltet under hvert spørsmål om det skulle være noe du tror er relevant, som ikke kommer frem av svaralternativene. All info vil være av nytte når resultatene skal tolkes, så tenk nøye før du går videre til neste spørsmål.

Spørsmål 1

Har du trent noe beinstyrke tidligere?

Ja

Nei

Kommentar:

Spørsmål 2

Hvis Nei på spørsmål 1, kan du hoppe rett til spørsmål 6.

I hvor mange år har du trent beinstyrke før dette studiet?

Under 1 år

1 år

2-3 år

4-5 år

over 5 år

Kommentar:

Spørsmål 3

Har du da trent:

Sporadisk?

Periodevis?

Regelmessig?

Kommentar

Spørsmål 4

Hvor ofte har du trent beinstyrke tidligere?

1 gang i uka

2-3 ganger i uka

4-5 ganger i uka

7 dager i uka

Kommentar:

Spørsmål 5

I hvilke øvelser har du trent tidligere? Merk med **rødt**. (*List opp eventuelle andre øvelser du har kjørt, som ikke står på lista*).

1. Knebøy
2. Front bøy
3. Beinpress
4. Tåhev
5. Markløft
6. Kne ekstensjon (apparat)

7. Kne fleksjon (apparat)
8. Nordic hamstring
9. Utfall
10. Hoftestrekker (apparat/kabel)
11. Hoftebøyer (apparat/kabel)
- 12.
- 13.
- 14.
- 15.
- 16.

Kommentar:

Spørsmål 6

Hvilke aktiviteter har du drevet med i perioden studiet har pågått? Nevn så mange du husker. Nedenfor er noen av de vanligste aktivitetene, som du kanskje har bedrevet i løpet av prosjektet. Merk med **rødt**.

Aktivitet

1. Fotball
2. Håndball
3. Volleyball
4. Basketball
5. Svømming
6. Sykling/spinning
7. Langrenn
8. Klatring
9. Dans
10. Aerobic
11. Cross-fit
12. Turning
13. Løping
14. Tur gåing
15. Orientering
16. Friidrett
17. Spenst trening
18. Styrketrening på armer/skuldre
19. Styrketrening på mage/ rygg
- 20.
- 21.
- 22.
- 23.
- 24.
- 25.

Kommentar:

Spørsmål 7

Hvor ofte har du bedrevet de forskjellige aktivitetene? (Prøv å gjengi ca. hvor mange timer: minutter per uke du har bedrevet hver aktivitet. Eks. **Svømming- 2:30** -gjengir to og en halv time svømming per uke)

Aktivitet

1. Fotball
2. Håndball
3. Volleyball
4. Basketball
5. Svømming
6. Sykling/spinning
7. Langrenn
8. Klatring
9. Dans
10. Aerobic
11. Cross-fit
12. Turning
13. Løping
14. Tur gåing
15. Orientering
16. Friidrett
17. Spenst trening
18. Styrketrening på armer/skuldre
19. Styrketrening på mage/ rygg
- 20.
- 21.
- 22.
- 23.
- 24.
- 25.

Kommentar:

Spørsmål 8

Har du merket noen effekt av treningen vi har gjennomført under dette prosjektet?

Ja

Nei

Spørsmål 9

Hvis ja, hvilke effekter har du merket? (eks. Styrkefremgang, stølhet, trøtthet, vektøkning, vektnedgang, forbedret eksplosivitet...osv.)

Kommentar:

Spørsmål 10

Har eventuelle forandringer vært de samme for begge bena, eller er det ulikt ?

Det samme

Ulikt

spørsmål 11

Hvilke ulikheter har du i så fall registrert. Spesifiser hvilket ben du kjenner hva i? (eks. Sterkere i det ene benet, svakere på en leddvinkel i forhold til på det andre benet....osv).

Kommentar:

Spørsmål 12

Har du hatt noen fysiske/kroppslige plager i løpet av dette studiet? (eks, sykdom, skade, akutte smerter, kramper, ubehag...)

Ja

Nei

Kommentar:

Spørsmål 13

Mener du at grunnen til plagen/plagene kan skyldes øvelsen/treningsregime som er benyttet i dette prosjektet?

Ja

Nei

Kommentar:

Spørsmål 14

Evt. hvilke plager/skader har du merket som en følge av treningsøvelsen benyttet i dette studiet? (*Utdyp så godt du kan og bruk gjerne medisinske/anatomiske termer for å lokalisere skaden/plagen og forklare grundigere. Eksempler kan være. "Jumpers knee", strekk, betente slimposer/senefester, stølhet.....osv).*

Kommentar:

Spørsmål 15

Har du noen andre ytringer eller ting du selv føler bør nevnes, så skriv dem gjerne her til slutt. Det kan være alt mellom himmel og jord som er relevant for dette studiet:

