

Nicolas Merieau

”Muskel og sene samspill hos idrettsutøvere med ulike krav til muskel og senesystemet i beina”

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2008

SAMMENDRAG

Hensikten med denne studien var å se på mekaniske og strukturelle egenskaper i muskulatur og sener i strekkapparatet hos idrettsutøvere med forskjellige krav til prestasjon. Det ble sett på to forskjellige typer idrettsutøvere; løpere (langdistanseløpere og orienteringsløpere) og kraftutøvere (styrkeløftere og vektløftere).

Trettien forsøkspersoner i alderen 17-53 år ble testet i hurtighet, spenst, muskelstyrke og i tillegg ble det målt tverrsnittsareal av muskulatur og sener. Det ble også målt fjærstivhet i strekkapparatet og i senene, men disse resultatene vil ikke bli presentert i denne oppgaven. Vi undersøkte om det var forskjeller i muskel -sene systemets mekaniske og strukturelle egenskaper i de tre ulike gruppene av utøvere, og hvilke sammenhenger det var mellom mekaniske og strukturelle egenskaper i muskel og senesystemet og prestasjonen i de ulike testene (spenst, sprinthurtighet, styrke og evne til hurtig kraftutvikling).

Langdistanseutøvere hadde høyere tverrsnittsareal på den distale delen av akillessenen enn styrkeutøverne, mens styrkeutøvere hadde høyere tverrsnittsareal på den proksimale delen av patellarsenen enn langdistanseutøverne. Styrkegruppene hadde klart større tverrsnittsareal i lårmuskulatur og leggmuskulatur. Styrkegruppene hadde signifikant høyere hopp høyde i alle fire varianter av hoptester enn løperne, men det var ingen forskjell på tid ved 20 eller 40 meter sprinttest. Styrkegruppene hadde høyere maksimalt dreiemoment i de fleste styrketestene, men noe overraskende var det ikke signifikant forskjell ved isometrisk kneekstensjon ved 30 grader, eller isometrisk plantarfleksjon.

Det ser ut til å være en nær sammenheng mellom tverrsnittsareal i muskulaturen og muskelstyrke. Muskelstyrke i strekkapparatet påvirker prestasjonen på vertikale hopp, men styrkeutøverne så ikke ut til å dra fordel av det på 40 meter sprint. Dette kan ha sammenheng med at muskelvolumet i lårene ble så stort at det gikk utover løpsteknikk. Unge styrkeutøverne oppnådde høyere dreiemoment ved raske forkortningshastigheter enn løperne. Patellarsenen ser ut til å få regionspesifikke tverrsnittsarealendringer av styrketrening, mens det kan tyde på at langvarig belastningen ved løping er bestemmende for akillessenens tykkelse.

FORORD

Denne studien er en del av tverrsnittsstudien ”Muskel og sene samspill hos idrettsutøvere med ulike krav til muskel og senesystemet i beina” som har foregått ved Norges Idrettshøgskole, med samarbeidspartner Henning Langberg fra Institutt for Idrettsmedisin, Bispebjerg Hospital, København.

I arbeidet med min studie har jeg vært avhengig av hjelp og innspill fra flere hold. Jeg vil derfor takke alle som har bidratt til gjennomføringen av studien, slik at jeg til slutt kom i havn. Tusen takk til:

Veileder Truls Raastad for utmerket veiledning, innspill, interesse og hjelp i både planlegging – gjennomføring og avslutningsfasen i denne studien i forbindelse med min masteroppgave.

Henning Langberg for gode innspill i planleggingsfasen av studien

Ola Eriksrud for mange gode innspill og samarbeid under planlegging – og gjennomføringsfasen i denne studien

Alexander Kirketeig for anskaffelse av forsøkspersoner, og hjelp til gjennomføring av testene i studien

Jonny Hisdal for hjelp med ultralydmålinger

Knut Inge Hansen fra Centrum Røntgen for hjelp ved MR-målinger

Treningsavdelingen på Olympiatoppen for lån av utstyr til testing av spenst og hurtighet

Nils Helge Kvamme, Ingrid Marie Egner og Tormod Skogstad Nilsen for hjelp med gjennomføringen av testene

Alle forsøkspersonene for kjempebra innsats og engasjement under gjennomføringen av testene

Nicolas Loftheim Merieau

Bali, november 2008

INNHold

SAMMENDRAG	1
FORORD	2
INNHold	3
1.0 INNLEDNING	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Problemstilling.....	7
1.3 Hypoteser.....	7
2.0 Teori.....	8
2.1 Muskel – senesystemet.....	8
2.1.1 Maksimal kraftutvikling	8
2.1.2 RFD	11
2.1.3 Fjærstivhet i senen.....	12
2.1.4 Fjærstivhet i strekkapparatet.....	14
2.2 Krav til muskel og sene systemet i de respektive idrettsgrenene	15
2.2.1 Utholdenhet.....	15
2.2.2 Eksplosivitet/spenst.....	16
2.2.3 Muskelstyrke/muskelvolum.....	18
2.3 Muskel – sene systemets adaptive egenskaper	19
3.0 Metode.....	21
3.1 Forsøkspersoner	21
3.1.1 Antropometriske data	22
3.1.2 Inklusjonskriterier	22
3.2 Testprosedyrer	23
3.2.1 Hurtighetstest (40m).....	23
3.2.2 Vertikal spensttest	23
3.2.3 Muskelstyrke.....	24
3.2.4 Fjærstivhet i patellarsenen	25
3.2.5 Tverrsnittsareal av lår - og leggmuskulatur og de tilhørende senene.....	25
3.3 Statistiske metoder og databehandling.....	28
4.0 RESULTATER.....	29
4.1 Muskelstyrke.....	29
4.1.1 Ankelledd.....	29
4.1.2 Kneledd.....	30
4.2 Tverrsnittsareal i muskulatur og sener	32
4.2.1 Muskulatur	32
4.2.2 Tverrsnittsareal i akilles – og patellarsenen.....	34
4.3 Spenst	36
4.4 Hurtighet.....	36
4.5 Fasikkelvinkel og lengde.....	36
4.6 Sammenheng mellom fasikkler og spenst/hurtighet	37

4.7	Spesifikk og relativ styrke	38
4.7.1	Spesifikk styrke	38
4.7.2	Sammenheng mellom relativ styrke i knestrekkerne og hurtighet/spenst	38
4.8	Ratio styrke- og hopptester	40
4.8.1	Ratio isokinetisk ankelfleksjon og kneekstensjon	40
4.8.2	Ratio hopptester	40
5.0	Diskusjon	41
5.1	Tverrsnittsareal av muskler og sener	41
5.1.1	Tverrsnittsareal av lår - og leggmuskler	41
5.1.2	Tverrsnittsareal i sener	42
5.2	Muskelstyrke	44
5.3	Spenst og hurtighet	45
5.4	Gjennomføring av testene	46
6.0	Konklusjon	48
	LITTERATURLISTE	49
	VEDLEGG	53

1.0 INNLEDNING

1.1 *Bakgrunn*

Styrkeløft og vektløfting er to idretter hvor maksimal kraftutvikling er en sentral egenskap for å oppnå gode resultater. Maksimal kraftutvikling henger tett sammen med muskeltverrsnitt, og vi vet at gode utøvere i disse idrettene har et stort muskeltverrsnitt i strekkapparatet. Dette varierer selvfølgelig fra utøver til utøver, og høyde, vektklasse, alder og kjønn spiller inn på hvor stort muskelvolum hver enkelt utøver har.

Langdistanseløpere og orienteringsløpere driver med idretter som har helt andre krav enn styrke – og vektløfting for å oppnå gode resultater. Her er oksygenopptak og arbeidsøkonomi sentrale egenskaper. Muskulaturen kjennetegnes ved lite tverrsnitt og tett kapillærnett. Lav kroppsvekt sammen med høyt oksygenopptak gir gode forutsetninger for gode prestasjoner. Man kan si at muskulaturen i disse idrettene ligger på den andre enden av skalaen når det gjelder strukturelle egenskaper.

Sener har som funksjon å overføre kraft fra muskelen for å skape og styre bevegelser. Når man ser på hvor mange forskjellige mekaniske og strukturelle egenskaper muskler kan inneha eller tilpasses til, er det naturlig å stille spørsmål om senen som tilhører muskelen, også har de samme adaptive egenskapene. Er det bare muskelen i et muskel–senesystem som kan forandre mekaniske og strukturelle egenskaper gjennom forskjellig stimuli, eller vil også senen tilpasse seg endret belastning?

Den beste måten å studere dette på er gjennom longitudinelle treningsstudier. Eventuelle senetilpasninger skjer langsomt over tid og det er derfor vanskelig å gjennomføre treningsstudier som varer lenge nok til å fange opp disse tilpasningene. Vi valgte derfor å gjennomføre en tverrsnittstudie for å se på sammenhengen mellom muskel og sene egenskaper hos utøvere som gjennom flere år har trent for å bli best mulig i en idrett der det settes spesielle krav til muskel- og senestyrke. Ved å sammenligne idrettsutøvere med forskjellig krav til mekaniske og strukturelle egenskaper i muskulaturen, og relatere dette til senens mekaniske og strukturelle egenskaper ville dette gi oss en bedre innsikt i muskel – sene systemet og deres adaptive egenskaper. Vi ville få bedre forståelse for hva som er de

optimale egenskapene for muskel og senesystemet i en spesifikk idrett, og undersøkelsen kan også fungere som utgangspunkt for en prospektiv studie om dette temaet. De strukturelle egenskapene som ble undersøkt var muskeltverrsnitt og senetverrsnitt. De mekaniske egenskapene bestod av dynamisk og isometrisk muskelstyrke, hurtighet, spenst, fjærstivhet i strekkapparatet og fjærstivhet i patellarsenen og akillessenen ved å måle forlengelse av senen under belastning.

1.2 Problemstilling

- Er det forskjeller i muskel - sene systemets mekaniske og strukturelle egenskaper i to ulike grupper av utøvere, henholdsvis løpere og styrkeutøvere?
- Hvilke sammenhenger er det mellom mekaniske og strukturelle egenskaper i muskel og senesystemet og prestasjonen i de ulike testene? (spenst, sprinthurtighet, styrke og evne til hurtig kraftutvikling)

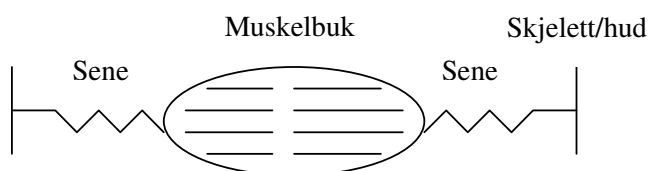
1.3 Hypoteser

- Det er en nær sammenheng mellom muskelens mekaniske og strukturelle egenskaper og senens mekaniske og strukturelle egenskaper i en heterogen gruppe av idrettsutøvere.
- Det er en sammenheng mellom de fysiske kravene til muskel og senesystemet i de forskjellige idrettene og muskel og senesystemets mekaniske og strukturelle egenskaper
- Det er en nær sammenheng mellom de mekaniske og strukturelle egenskapene i muskel og senesystemet og prestasjonen i de ulike testene.

2.0 Teori

2.1 Muskel – senesystemet

En muskel består av skjelettmuskelfibre og bindevev. Muskelbuen går i den ene eller begge endene over i en sene som består av fast bindevev (figur 2.1). Når muskelfibrene trekker seg sammen, blir kraften overført til senene og knoklene de er festet til (Dahl & Rinvik, 1999). Dette er enkelt fortalt det systemet som skaper bevegelse og er viktig for mennesker som vil optimalisere kraftutvikling i en eller flere bevegelser, som idrettsutøvere.



Figur 2.1: Eksempel på et forenklet muskel-senesystem.

Tre mekaniske egenskaper i muskel-senesystemet jeg vil gå nærmere inn på i dette kapittelet er; maksimal kraftutvikling, hastighet på kraftutvikling (RFD) og fjærstivhet.

2.1.1 Maksimal kraftutvikling

Maksimal kraftutvikling er en viktig faktor i idretter som styrkeløft og vektløfting. Teknikk, timing og mental styrke er også viktige komponenter, men i bunnen ligger evnen til utvikle høyest mulig kraft for å kunne oppnå gode resultater i disse to idrettene. I utholdenhetsidretter som langdistanseløping derimot er ikke fokuset rettet mot maksimal kraftutvikling. Med maksimal kraftutvikling så menes her evnen til å utvikle maksimal kraft ved langsomme forkortningshastigheter.

Vanligvis når man snakker om en muskelgruppes tverrsnittsareal så tenker vi på det anatomiske tverrsnittsarealet, som er et snitt vinkelrett på muskelens lengderetning. Men i noen tilfeller kan det fysiologiske tverrsnittsarealet være et bedre mål siden det er et snitt

vinkelrett på muskelfibrenes lengderetning. I muskler hvor muskelfibrene har stor pennasjon, dvs at de er mer skråstilt enn normalt, har man et større tverrsnittsareal av muskelfibre fordi man får flere sarkomerer i et gitt muskelvolum. Dette kan gi effekt ved langsomme forkortningshastigheter fordi man har flere sarkomerer i parallell som bidrar til muskelaksjonen. Fibrene i en fusiform muskel, hvor fibrene ligger i muskelens lengderetning, er derimot mer fordelaktig når man er ute etter rask forkortningshastighet (McArdle, Katch, Katch, 2007). Kraften er avhengig av antall sarkomerer i parallell, mens forkortningshastigheten avhenger av antall sarkomerer i serie (Dahl & Rinvik 2007).

Det er mange faktorer som påvirker vår evne til å utvikle kraft (tabell 2.1), men det som er ansett som den viktigste bestemmende faktor er muskelbukens tverrsnittsareal. Og da er det det største tverrsnittet på muskelbuen som er bestemmende for styrken ved maksimal aktivering.

Tabell 2.1 Faktorer i muskulatur og i SNS som påvirker vår evne til å utvikle kraft (Raastad, 2005)

Muskel og skjelett	Sentralnervesystemet
<p>Muskelgruppens tverrsnitt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antall muskelfibre - Fibrenes tverrsnittsareal - Arkitektur (fysiologisk tverrsnittsareal) <p>Fibertypesammensetning (kraft-hastighet)</p> <p>Muskellengde</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kraft-hastighet (ant sarkomerer i serie) - Kraft-muskellengde (i forhold til l₀) <p>Vektarmer (utspring og feste, leddanatomy)</p>	<p>Grad av aktivering:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antall motoriske enheter rekruttert - Fyringsfrekvens <p>Samspill mellom agonister Koordinering →</p> <p>Samspill med antagonister Teknikk</p>

Muskeltverrsnittsareal er en viktig faktor i mange idretter, men selvfølgelig er muskeltverrsnittsareal viktigere for prestasjoner i noen idretter enn andre. Det er godt dokumentert at styrketrening, i mange variasjoner, fører til økning i muskeltverrsnittsareal (tabell 2.2). Det forutsetter da at styrketreningen blir utført med tilstrekkelig belastning. Økning i muskeltverrsnittsareal vil ha en positiv effekt på kraftutviklingen ved at flere tverrbroer i parallell skaper større kraft. Ved samme grad av aktivering fra nervesystemet vil

flere tverrbroer være aktive og kraften blir større. (Raastad 2005). Maksimal kraftutvikling er en viktig mekanisk egenskap i mange idretter, spesielt da i en akselerasjonsfase som for eksempel hos sprintere.

Tabell 2.2 Oversikt over studier med endringer i muskeltverrsnitt i låret som følge av styrketrening (Hentet fra Kvamme, 2005).

Referanse	Kjønn	Alder	Økter	Endring CSA (%)	Endring CSA/økt (%)
Narici et al. 1989	m	23-34	34	8,5	0,25
Sipila & Suominen 1995	k	76-78	54	4,5	0,08
Hisaeda et al. 1996	k	20,4±1,3	24	3,3	0,14
	k	19,8±1,8	24	3,6	0,15
Narici et al. 1996	m	29,0±3,6	91	13,8	0,15
Welle et al. 1996	k,m	22-31	39	4,0	0,10
	k,m	22-31	39	8,0	0,21
	k,m	62-72	39	6,0	0,15
	k,m	62-72	39	1,0	0,03
Higbie et al. 1996	k	20,1±2,1	30	5,0	0,17
	k	20,1±1,1	30	6,6	0,22
Häkkinen et al. 1998a	m	29,2±5,0	30	12,2	0,41
	m	60,8±4,0	30	8,5	0,28
Häkkinen et al. 1998b	m	42±2	52	4,9	0,09
	m	72±3	52	2,1	0,04
	k	39±3	52	9,7	0,19
	k	67±3	52	5,8	0,11
Aagaard et al. 2001	m	27±5,3	38	10,2	0,27
Takarada & Ishii 2002	k	45,4±9,5	24	7,1	0,30
	k	45,4±9,5	24	2,5	0,10
Ahtiainen et al. 2003	m	34,4±4,4	42	5,6	0,13
Ferri et al. 2003	m	67,9±0,9	48	7,4	0,15
Häkkinen et al. 2003	m	38±5	42	6,0	0,14
Izquierdo et al. 2003	m	64±2	32	11,0	0,34
	m	46±3	32	13,0	0,41
Kraemer et al. 2004	k	22,4±3,5	72	9,5	0,13
	k	22,7±4	72	7,0	0,10
Andersen et al. 2005	m	23,6±3,1	38	10,0	0,26
Gjennomsnitt			42	7,0	0,18

I utholdenhetsidretter er det viktig å ha lav kroppsvekt og en muskulatur med tett kapillærnett. En muskel med stort tverrsnittsareal vil veie mer og det vil kunne være større avstand mellom kapillærene hvis muskelfibrene er store. Muskeltverrsnittsarealet i utholdenhetsidretter er derfor som regel ganske lavt. Likevel har man begynt å utnytte styrketrening som en del av treningen til langdistanseløpere og spesielt langrennsløpere, da studier de siste årene har vist positive effekter på arbeidsøkonomi med styrketrening (Hoff et al 2002; Paavolainen et al.,1999). Men styrketrening vil antageligvis også føre til økning i muskelvolum og da økning i vekt. Så det er en utfordring å finne en optimal styrketreningsmengde for langdistanseløpere og andre utholdenhetsutøvere.

Styrkeløft og vektløfting er to idretter som setter store krav til muskelstyrke og det er derfor helt naturlig å forvente at denne gruppen vil ha størst muskeltverrsnitt. Men dette er også

idretter som har vektklasser, så det kan være svært store forskjeller innad i denne gruppen da vi i dette forsøket har med utøvere fra de tyngste vektklassene til noen av de letteste.

2.1.2 RFD

Forkortningshastigheten til en muskel er avhengig av muskellengde, fibertype, og stivheten i muskelen og tilhørende sener når forkortningen skjer mot en motstand.

I muskler med lite pennasjon på muskelfibrene og lang muskellengde har man mange sarkomerer i serie som genererer kraft i muskelfibrene som overføres direkte til senen. Dette gir en hurtig forkortning av muskelen (McArdle, Katch, Katch, 2007).

Muskelfibertype har mye å si for forkortningshastigheten til en muskel. Vi deler muskelfibre i to grupper, slow twitch og fast twitch fibre, evt type I og type II fibre. Type II blir igjen delt i type IIA og type IIX. Type I fibre har en langsommere kontraksjonshastighet enn type II fibrene, men er til gjengjeld mer energiøkonomisk. Idrettsutøvere med krav til utholdenhet har altså en fordel med stor andel type I fibre i musklene, mens idrettsutøvere med krav til eksplosivitet drar fordel av høy andel av type II fibre. Det ser vi også på fordelingen av muskelfibertyper i ulike idretter.

Langdistanseutøvere ligger på nesten 80 % type I muskelceller i m.vastus lateralis, mens vektløftere har rett i overkant av 40 %, dog med stor variasjon innad i idrettene (Dahl & Rinvik, 2007).

Stivhet i sene og muskel spiller inn på forkortningshastighet ved å kunne fungere som en fjær under bevegelse. Under bevegelser som hopping og løping fungerer strekkapparatet vårt som demper og motor. I likhet med en fjær blir strekkapparatet vårt komprimert under første halvdel av et løpssteg eller et hopp hvor den lagrer opp energi.

Under denne kompresjonen av beinet som system, strekkes muskulaturen. Under neste halvdel av bevegelsen, i utstrekingsfasen, utnyttes denne energien idet "fjæra" spretter ut igjen (Hobara et al., 2008). Stivheten i senen og muskelen vil derfor være avgjørende for hastigheten til en muskelaksjon mot en motstand, men det varierer mellom forskjellige muskelgrupper. Stivheten i senen, relativt til kraftutviklingskapasiteten til den tilhørende muskelen, varierer mye mellom muskler (Lichtwark & Wilson, 2007). Denne variasjonen tilskrives arkitekturen til muskelen og senen, og hvilke arbeidsoppgave muskelen har (Roberts

2002). Dette kan vi se på i akilles - og patellarsenen hvor studier viser at arbeidskravet til muskelen spiller en stor rolle på hvor føyeelig muskel – senesystemet bør være for å fungere optimalt. Dette blir nærmere beskrevet senere i teorikapittelet.

2.1.3 Fjærstivhet i senen

Senene består av fast bindevev og er som oftest streng – eller båndformet, men kan også danne brede senespeil også kalt aponeuroser. (Dahl & Rinvik 2007). Fjærstivheten i senene er ikke regulerbar under en muskelaksjon (Ullrich et al. 2007) men kan forandres over en lenger periode med forskjellig type treningsstimuli som styrketrening (Kubo et al. 2001, 2006; Reeves et al. 2006; Kongsgaard et al. 2007) og plyometrisk trening (Spurrs et al. 2003).

Det har blitt gjort forsøk hvor man har sett på forholdet mellom senen og aponeurosens mekaniske egenskaper under muskelarbeid. Det man ser er at under isometrisk plantarfleksjon i ankelen så fordeler belastningen seg likt over senen og aponeurosen til muskelen som utfører muskelaksjonen (Muramatsu et al., 2001; Arampatzis et al., 2004). Men forlengelsen kan være forskjellig (Arampatzis et al. 2004). Det viser at fjærstivheten kan variere mellom forskjellige områder i et muskel – sene system.

Muramatsu et al. (2001) fant ingen signifikant forskjell i belastning mellom Achillessenen og tilhørende aponeurose under isometrisk plantarfleksjon. Arampatzis et al. (2004) fant lignende funn. De utførte også forsøkspersonene isometrisk plantarfleksjon. De fant ingen forskjell i belastning mellom senen til m. gastrocnemius medialis og dens distale aponeurose. De fant derimot at den absolutte forlengelsen av senen til m. gastrocnemius medialis var forskjellig fra forlengelsen av aponeurosen. De foreslår da at man må multiplisere belastningen som er kalkulert for den delen av senen som blir undersøkt med den totale lengden av senen for å kalkulere forlengelsen av hele senen.

Hvordan forskjellig arbeidsbelastning kan gi forskjellig effekt på senens adaptasjon er en svært viktig faktor i dette prosjektet. Kubo et al. (2001) viste at varigheten på kontraksjoner kan være utløsende faktor for grad av adaptasjon på senens fjærstivhet. De brukte isometriske kontraksjoner i sitt forsøk.

Det er tilpasninger i senen over tid vi er interessert i å se på i dette prosjektet. Som nevnt har man ikke sett noen akutt effekt på senens fjærstivhet etter en belastning.

Dette viste Ullrich et al. (2007) i sitt forsøk hvor de så på hvilken innflytelse forskjellig type arbeid hadde på føyeligheten i senen. De så på effekten av submaksimal vedvarende og maksimalt repetetive kontraksjoner på føyeligheten til senen og aponeurosen til m.vastus lateralis. Tolv mannlige forsøkspersoner utførte tre maksimale isometriske kontraksjoner (MVC) på kneekstensorene før og etter to utmattende arbeidsprotokoller på et dynamometer. Den ene protokollen var en langvarig isometrisk kneekstensjon på 25 % av MVC til man ikke klarte å utvikle det gitte momentet. Den andre protokollen bestod av isokinetiske kneekstensjoner (90grader/s) som man utførte helt til momentet sank under 70 % av maksimalt isokinetisk moment i uthvilt tilstand. De fant ingen forskjeller i forlengelse og belastning på senen og aponeurosen når de sammenlignet hver 300N før og etter arbeidsprotokollene. Dataene de fikk indikerer at senen og aponeurosen til m.vastus lateralis ikke blir utsatt for forandringer i føyeligheten verken etter langvarig statisk belastning eller etter langvarig syklisk belastning. Om man hadde sett forskjeller mellom de to protokollene etter en lengre intervensjon hadde vært interessant og se. I in vivo studier har man derimot funnet forandringer på senen etter belastning. I en ubelastet sene ligger fibrene i bølgeform som gjør at senen strekkes relativt lett, fram til bølgene er rettet ut. Etter at senen er strekt så langt, forlenges senen lineært i forhold til belastningen. Når strekket opphører går senen umiddelbart tilbake til utgangslengden (Viidik et al., 1982). Etter ca 3-4 % forlengning opphører lineariteten, og kurven flater ut. Senen er da over i en plastisk deformasjon (Woo et al., 1994) Da kan det oppstå mikroskader og rupturer i vevet og senen går bare delvis tilbake til utgangslengden når strekket opphører. Etter en slik plastisk deformasjon trenger senevevet tid til å oppnå sin opprinnelige lengde igjen.

Akillesenen er spesielt viktig i idretter ved at man kan utnytte dens elastitet. Den fungerer som en fjær ved å lagre og utgi elastisk strekkenergi under bevegelse. Ut fra det synspunktet er det fordelaktig å ha en tynn og lang sene, med høy fjærstivhet. Derimot vil en kortere og tykkere sene være bedre rustet mot belastning og mindre utsatt for skader, da studier viser at Akillesenen er utsatt for akutt ruptur (Kongsgaard et al, 2005).

Patellarsenen er ikke like utsatt for akutte skader, og har også vist i studier at den fungerer mer fordelaktig opp mot prestasjon i noen idretter når den har lav fjærstivhet, til motsetning

fra akilles (Stafilidis & Arampatzis., 2007; Arampatzis et al.,2006). Dette er avhengig av type prestasjon man må utføre i de forskjellige idrettene.

Utifra studier henvist til tidligere har man funnet tverrsnittsendringer i spesifikke områder på senen etter styrketreningsperioder (Kongsgaard et al., 2007; Arampatzis et al. 2007). Dette tilsier at man kan forvente høyest tverrsnittsareal i senen hos utøverne i kraft/styrke gruppen. Tverrsnittsundersøkelser har vist at løpere har større senetverrsnittsareal enn ikke-løpere i akillessenen (Magnusson & Kjær, 2003). Derimot har man sett at det ikke er forskjell på fjærstivheten mellom løpere og ikke løpere, muligens fordi man må over en viss belastningsterskel for å få adaptasjon på fjærstivheten i akillessenen (Arampatzis et al., 2006). Dette kan si oss at tverrsnittsarealet muligens har en lavere terskel for adaptasjon enn fjærstivheten i akillessenen.

2.1.4 Fjærstivhet i strekkapparatet

En muskel kan vi regulere fjærstivheten til opp til maksimal kraftutvikling. Når vi har oppnådd 100 % av maksimal kraft har vi ikke lenger en mulighet til å justere fjærstivheten og det er da faktorer som kollagenfordeling i muskelens bindevev (epimysium, perimysium og endomysium), og titin, i tillegg til antall tverrbroer i inngrep, som vil avgjøre fjæringen. Titin er et protein som binder A-båndet til I-båndet og Z-linjen i sarkomer. Når en muskel blir strekt yter den større passiv kraft jo mer den strekkes og denne økningen i passiv kraft kan tilskrives titin som fungerer som en fjær i sarkomer, på samme måte som senen i et muskel – senesystem (Rassier et al. 2005).

Fjærstivhet i strekkapparatet er definert som ratioen av maksimal *ground reaction force* mot maksimum beinkompresjon under den midterste delen av fot - isettet. Denne stivheten har vist seg å øke ved økning i hopp høyde (Hobara et al., 2008).

Hobara et al. (2008) så på de bestemmende faktorene i forskjellen i fjærstivhet i strekkapparatet mellom utholdenhetsutøvere og sprintere. Syv utholdenhetsutøvere og syv sprintere utførte hopping på et bestemt sted i to forskjellige frekvenser (3.0 og 1.5 Hz). Fjærstivhet i ledd og bein ble målt, og elektromyografisk aktivitet ble målt i seks beinmuskler.

Ved begge frekvensene viste sprinterne signifikant høyere fjærstivhet enn utholdenhetsutøverne i strekkapparatet.

Forskjellige typer trening over lengre tid vil føre til forskjellige adaptasjoner i både muskulatur og i senene som tilhører muskulaturen som blir trent. Fjærstivheten i strekkapparatet er en av de adaptasjonene som forekommer, og som kan variere utifra type belastning (Hobara et al., 2008) Fjærstivheten kan derfor gi utslag på prestasjon på for eksempel hopping og løping. Men det kan også være andre faktorer som spiller inn på forskjellen i løps – og hoppprestasjon hos utøvere i forskjellige idretter. En mulighet er at langvarig trening i en spesifikk idrett vil få sentralnervesystemet til å programmere muskel - koordinasjonen opp mot kravet i den gitte idretten (Eloranta V., 2003). Dette kan tyde på at spesifikk trening ikke bare kan forandre muskulaturens mekaniske egenskaper, men også hvordan denne muskulaturen blir aktivert.

Hobara et al. (2008) mente i sin studie at årsaken til forskjellen mellom utholdenhetsutøverne og sprintere lå i høyere stivhet i leddene på grunn av forskjell i fjærstivhet i muskel – senesystemet, og ikke på grunn av forskjell i nervøs aktivitet.

2.2 Krav til muskel og sene systemet i de respektive idrettsgrenene

I denne studien ville vi se på tre ulike grupper av idrettsutøvere med svært forskjellige krav til muskel og senesystemene i strekkapparatet i beina. En praktisk tilnærming i denne studien er hvordan muskel og senesystemets egenskaper til de forskjellige utøverne påvirket resultatene i de ulike testene, og videre om resultatene indikerte at man kan trene seg opp til en optimal kombinasjon av disse egenskapene gjennom de treningsøvelser de normalt gjennomfører.

2.2.1 Utholdenhet

I utholdenhetsidretter er arbeidsøkonomi en viktig faktor. Å trene seg opp til å bruke mindre krefter/energi for hvert steg for en løper kan bidra til at utøveren kan holde en høyere fart under løpet. Her spiller muskel – senesystemet en viktig rolle, og det er fullt mulig å forbedre arbeidsøkonomi både gjennom strukturelle og mekaniske endringer i muskel – senesystemet gjennom trening.

Arampatzis et al (2006) undersøkte sammenhengen mellom løpsøkonomi og muskel – senesystemets mekaniske og morfologiske egenskaper. De fant at m. quadriceps femoris hos gruppen med best løpsøkonomi hadde en mer føyelig sene ved lav kraftutvikling (<45 % av MVC), og triceps surae hadde en større maksimal styrke og høyere fjærstivhet i senen fra 45 % til 100 % av maksimal isometrisk kraft. Derimot fant de ingen forskjell på kinematiske parametre hos de forskjellige løperne. De foreslo at effektiviteten på kontraksjonene til triceps surae ved submaksimal løping er avhengig av maksimal muskelstyrke i tillegg til høy fjærstivhet i senen og aponeurosen.

Plyometrisk trening er en metode å utvikle høyere fjærstivhet i muskel - senesystemet. Ved å trene plyometrisk trening har man sett forbedring i prestasjon på tre kilometer løping. Forbedringen ble tilskrevet en økning i fjærstivheten i muskel- senesystemet i ankelleddet som igjen påvirket løpsøkonomien positivt (Spurrs et al. 2003).

Man har også sett forskjell på senens adaptasjon ved løping mellom kvinner og menn. Westh et al. (2008) undersøkte effekten av sedvanlig belastning som løping, på strukturelle og mekaniske egenskaper i sener hos menn og kvinner. De delte inn i tre grupper; ti mannlige løpere, ti kvinnelige løpere og ti kvinnelige kontroller. De fant høyere fjærstivhet i mannlige løpere enn de to andre gruppene, og større tverrsnittsareal i senen hos mannlige løpere enn kvinnelige løpere. De mener at resultatene indirekte foreslår at akillessenen og patellarsenens evne til adaptasjon ved løping er dårligere/senket hos kvinner enn menn.

2.2.2 Eksplosivitet/spenst

Utifra tidligere forsøk forventet vi at hoppgruppen i dette studiet lå litt over de andre gruppene i strekkapparatets fjærstivhet da dette har vist seg å være svært viktig i idretter hvor man benytter seg av en stembevegelse¹. I satsen med stem virker det store kompresjonskrefter over kne - og ankelledd og muskel og senesystemet har kort tid til å motvirke disse og eventuelt til å svare tilbake med elastisk energi mens foten fortsatt er i bakken

¹ Satsen innledes med en kort strekning av muskel og senesystemet i strekkapparatet i beina som umiddelbart går over i selve satsfasen. På denne måten kan fjærstivheten i systemet overføre elastisk energi.

Blant annet har man i en tverrsnittsstudie sett at sprintere har høyere fjærstivhet i triceps suraes sene og aponeurose enn både langdistanseløpere og mer sedate kontrollere (Arampatzis et al., 2007). De fant imidlertid ingen forskjell mellom de sedate kontrollene og langdistanseløperne. De konkluderer derfor med at det ikke er et lineært dose - respons forhold mellom belastning og adaptasjon i senen, men heller at det er en terskel for belastning som må overstiges før man ser tilpasninger i senen.

Nyligere studier har vist at kneleddet viser bedre prestasjoner i både sprint, langdistanseløping og svikthopp ved en motsatt mekanisk egenskap enn ankelleddet.

I m.vastus lateralis har man sett at større forlengelse av sene og aponeurose ved en gitt kraft, og høyere maksimal forlengelse av senen under MVC korrelerer signifikant med 100-meter tider i sprint.(Stafilidis & Arampatzis, 2007).

Det viser seg også å være tilfelle i hoppprestasjoner hvor man har et strekk - forkortningsarbeid, som for eksempel et svikthopp. Her kan økt fjærstivhet slå positivt ut på hopp-prestasjon i hopp uten svikt, men ikke i svikthopp (Kubo et al. 2006). Studiene viser at økt fjærstivhet i sene - aponeurosen i kneleddet kan ha en negativ effekt på strekk - delen i et strekk - forkortnings arbeid, som for eksempel svikthopp og sprint.

Kubo et al (2007) så på påvirkningen av ”senefjærstivhet”, ”leddfjærstivhet” og elektromyografisk aktivitet på ett - ledds hoppprestasjon. Tjuefire forsøkspersoner utførte tre varianter av hopp (knebøyhopp (markert stopp i bunn før man satser, ingen sviktbevegelse), svikthopp og fallhopp) med bare bevegelse i ankelleddet. Han foreslo at høyere hopp ved svikthopp enn ved knebøyhopp kan forklares både ved akilles senens elastisitet og økt aktivering i muskelen ved starten av forkortningsfasen. Det sistnevnte stemmer overens med det Bobbert et al (1996) fant.

Utifra funnene i nevnte studier kan det virke som at man drar fordel av høy fjærstivhet i sene - aponeurosen i triceps surae, mens det er mer fordelaktig med en føyelig sene - aponeurose over kneleddet. Dette viser seg tilfelle på både prestasjon i eksplosive idretter og også på løpsøkonomi og prestasjon i utholdenhetsidretter (figur 2.2. og 2.3.).

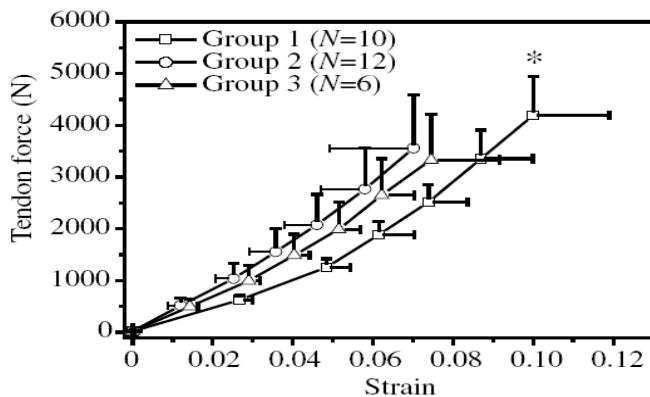


Fig 2.2 Kraft-strekk kurve i patella hos langdistanseløpere. Gruppen med best løpsøkonomi (gruppe 1) har også mest føyelig patellarsene (hentet fra (Arampatzis et al.,2006)).

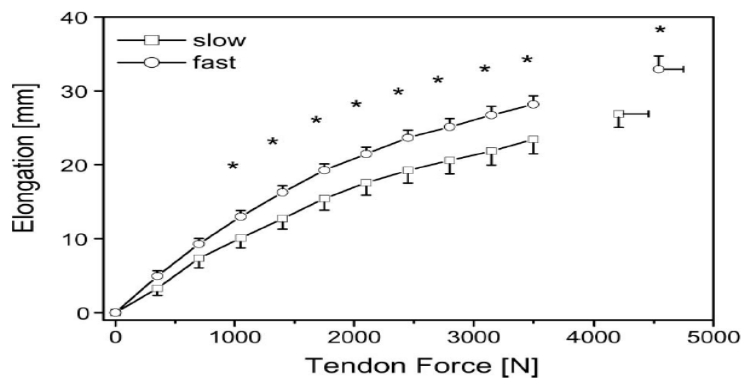


Fig 2.3 Forlengelse av sene og aponeurosen til m.vastus lateralis hos sprintere. De raskeste sprinterne (fast) har signifikant høyere forlengelse av senen ved en gitt kraft enn de tregeste sprinterne (hentet fra (Stafilidis & Arampatzis, 2006)).

2.2.3 Muskelstyrke/muskelvolum

Styrkeløft, vektløfting og kroppsbygging er idretter som kjennetegnes ved stor muskelmasse og muskelstyrke. Det er ikke gjort studier som har sett direkte på de idrettene forhold til muskel – senesystemets egenskaper. Det er naturlig å anta at de vil få lignende adaptasjoner som man har sett ved styrketreningsforsøk, på mer ekstreme nivåer.

Man har i en studie sett økt fjærstivhet og økt tverrsnitt i regioner av patellarsenen etter 12 uker med tung styrketrening (Kongsgaard *et al.*, 2007). Arampatzis et al. (2007) fant også økt tverrsnitt i spesifikke regioner i akillessenen etter fjorten ukers styrketrening ved

plantarfleksjon. De delte intervensjonen i to grupper hvor det ene benet trente med mindre belastning for hver repetisjon enn det andre benet, men med likt volum og frekvens. Her fant de bare økning i fjærstivhet og tverrsnitt i senen i benet med høyest belastning. Også isometrisk styrketrening har ført til økning i fjærstivhet i sene - aponeurosen i kneleddet (Kubo et al. 2006) så det ser ut til at belastning og hyppighet er viktigere faktorer enn volum, frekvens og type trening.

Muraoka et al. (2005) hevder at elastiske egenskaper i akillessenen er korrelert med muskelstyrke. De undersøkte tjuefire menn og tolv kvinner som utførte maksimal isometrisk plantarfleksjon. Mekaniske egenskaper ble målt ved ultralyd under arbeidet. De fant høyere fjærstivhet hos forsøkspersonene med høyest muskelkraft. De foreslår også at forskjellen i fjærstivheten i akilles mellom menn og kvinner kan avskrives forskjell i muskelkraft og ikke kjønn. Dette er motsatt av hva Westh et al. (2008) fant hos løpere.

Man ser i en del studier at styrketreningsintervensjoner kan gi effekter på strukturelle og mekaniske egenskaper i sene og aponeurose. Hvordan senenes strukturelle og mekaniske egenskaper forandres gjennom årevis med styrketrening vet man imidlertid mindre om.

2.3 Muskel – sene systemets adaptive egenskaper

Musklens adaptive egenskaper er godt dokumentert. Gjennom forskjellige typer styrketrening kan man øke muskelens tverrsnittareal og maksimale styrke, eksplosivitet, hurtighet, spenst og utholdenhet. Hvordan senene responderer på forskjellige varianter av trening er ikke like godt dokumentert.

Lichtwark & Wilson (2007) undersøkte om akillessenens føyelighet er optimalisert for maksimal muskeleffektivitet under bevegelse, henholdsvis gange og løping. De brukte en "tre elementer Hill - muskel modell" for å kunne fastslå hvordan muskelfasikkler måtte forandre lengde hvis senens fjærstivhet varierte, samtidig som benets kinematikk og muskelegenskaper ble holdt konstant. De brukte disse data sammen med en muskel - energi modell for å kunne forutsi muskeleffektiviteten ved forskjellige verdier av fjærstivhet ved både gange og løping. De sammenlignet også disse modelldata med *in vivo*-data samlet inn ved hjelp av ultralyd. Utifra disse resultater kan man si at akillessenen er lagd

slik at det gir god effektivitet ved både løp og gange hos alle mennesker, men det vil likevel være muligheter for individuelle tilpasninger som kan forbedre effektiviteten. En senes stivhet kan derfor adapteres til å oppnå maksimal effektivitet i spesifikke idretter og ønskede idrettslige mål.

Kubo et al (2006) fant at styrketrening med høy motstand (80 % av 1RM), økte senefjærstivhet, mens lav belastning (20 %) sammen med avstenging av blodtilførsel ikke forandret senens fjærstivhet selv om også denne treningen økte muskelvolum og maksimal isometrisk kraft. Det kan tyde på at senens adaptasjon er mer avhengig av et stort mekanisk stress enn et metabolsk stress.

Også varigheten på kontraksjonene ved styrketrening kan ha innflytelse på endring i senenes fjærstivhet. I Kubo et al. (2001) gjennomførte forsøkspersonene åtte uker med unilateral isometrisk trening på kneekstensorene, hvor det ene beinet gjennomførte tre serier med femti repetisjoner på ett sekund, hvorav det andre beinet gjennomførte fire serier med en tyve sekunder lang kontraksjon. Han fant signifikant økning i patellarsenens fjærstivhet ved bruk av langvarige kontraksjoner (20 sek) under isometrisk muskellarbeid, mens ved kortvarige kontraksjoner (1 sek) var det ingen endring. Dette støttes også av Arampatzis et al (2007) som forklarte at en grunn til at de fant adaptive effekter på akillessenen utover normal daglig aktivitet, selv om intervensjonens fleksjonsmoment var like lav eller lavere enn under gange, var at man har mye kortere stimuli under gange (~600ms) enn under intervensjonen (3 sek).

Også eldre kan øke fjærstivhet i senene. Senene til eldre adapterer til styrketrening gjennom å øke fjærstivhet, og ved økt belastning gjennom økt mengde trening har man funnet en økning i fjærstivhet i sener hos eldre med 65 % (Reeves 2006).

3.0 Metode

3.1 Forsøkspersoner

Trettien forsøkspersoner i alderen 17-53 år deltok i prosjektet. De var alle aktive innen hver sin respektive idrett og ble rekruttert gjennom klubber/lag, ressurspersoner og ved at de selv tok kontakt. Plakater med informasjon om forsøket ble hengt opp på Norges Idrettshøgskole og på Toppidrettssenteret. En forutsetning for å bli med i prosjektet var at de var aktive innen sin idrett på høyt nasjonalt nivå. Dette nivået varierte mellom idrettene, og innad i idrettene utifra alder.

Utøverne som ble rekruttert til prosjektet var enten styrkeløfter eller vektløfter som gikk inn i gruppen ”styrke/kraft”, eller langdistanseløper eller orienteringsløper og gikk inn i gruppen ”utholdenhet/løping”. Styrke/kraftgruppen ble igjen delt inn i to; ”unge utøvere” og ”erfarne utøvere”. De fikk tildelt et informasjonsskriv (vedlegg 1) med detaljert informasjon om bakgrunn og hensikt med studien, beskrivelse av testene, testprotokoll og kontaktinformasjon. Der ble de også informert om at deres deltakelse var frivillig og at de når som helst kunne trekke seg fra studien uten å oppgi grunn, og at dataene vil bli aidentifisert.

3.1.1 Antropometriske data

Forsøkspersonene som er representert i resultatene er menn. Det var 17 utøvere i styrke/kraft gruppen og 7 i utholdenhet/løpere gruppen. Antropometriske data presenteres som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD) (Tabell 3.1).

Tabell 3.1: Antropometriske data av forsøkspersonene ved testing.

	Styrke Ung		Styrke Erfaren		Utholdenhet	
Alder	18,7 \pm 1,7*	17-21	28,3 \pm 3,8	23-34	33,9 \pm 11,1	22-53
Høyde	179,4 \pm 8,0	170-194	176,4 \pm 7,7	164-187	184 \pm 7,2	171-192
Vekt	91,4 \pm 19,0	64,6-128,7	103,6 \pm 15,3	87,9-125	73,9 \pm 8,4*	57-83
BMI	28,1 \pm 3,7*	22,3-34,2	30,5 \pm 4,7*	26,8-40,1	21,8 \pm 1,4*	19,5-23,8
År aktiv	3,3 \pm 2,4*	1-9	10,9 \pm 2,9	6-14	16,3 \pm 7,9*	4-25

*Signifikant forskjell fra de andre gruppene.

3.1.2 Inklusjonskriterier

Forsøkspersonen måtte være en mann mellom 16 og 53 år. De måtte være aktive utøvere på høyt nasjonalt nivå innen de idrettene som faller inn i de to kategoriene. De måtte være friske og skadefrie, og være i stand til å gjennomføre alle testøvelsene.

- 1) Aktiv innen en av følgende idretter; Styrkeløft, vektløfting, langdistanseløping, orientering.
- 2) Må være aktiv på et høyt nivå i sin idrett (toppl plasseringer i nasjonale konkurranser og/eller bedre).

Inklusjonskriteriene var ikke lett å sette da det var et stort sprik i utøverne på alder og dermed også nivå. Siden vi ville dele gruppene i unge og erfarne grupper var forskjellen på nivå nasjonalt og internasjonalt, og antall økter i uka ganske stor. Derfor var hovedfokus vårt med tanke på inklusjon treningsbakgrunn og/eller nåværende nivå. Alle forsøkspersoner fylte ut et skjema som dekket treningsbakgrunn og skadebakgrunn.

3.2 Testprosedyrer

Forsøkspersonene gjennomførte test av hurtighet (40m), spenst, styrke, tverrsnittsanalyser av muskler og sener, fjærstivhet i strekkapparatet og fjærstivhet i patellarsenen. Hver forsøksperson gjennomførte en tilvenning på sprint, spenst og styrketesten slik at alle hadde fått prøve testene minst én gang før de skulle gjennomføre selve testingen. Her ble de kjent med testprosedyrene og det ble notert innstillinger. Rekkefølgen på testene varierte, utifra hvordan det passet med tidspunkt for FP eller testpersonell. De fleste tok testene over to dager eller mer.

Én styrkeutøver fikk ikke testet styrke i ankelleddet. Én løper gjennomførte ikke fallhopp fra 30 og 60cm på grunn av tidligere smerter i knærne ved lignende øvelser. Én styrkeutøver fikk ikke gjennomført måling av fasikkellengde og – vinkel.

3.2.1 Hurtighetstest (40m)

Sprinttesten ble gjennomført på en 40 meters innendørs sprintbane på Olympiatoppen. Banen har en startmatte, med startstrek, og fotoceller hver femte meter. I dette forsøket valgte vi å starte tiden med avtråkk. Utøveren står på startmatten i vanlig startstilling. Fremre bein, som er valgfritt, berører startlinja og bakre bein holdes ca en halv meter bak. Forsøksperson starter løpet etter eget ønske og tiden starter idet utøveren starter sprintløpet og forlater startmatten med det siste beinet. Forsøkspersonene fikk instruksjon i startteknikk og gjennomførte maks 3 forsøk med ca to-tre minutter mellom hver start. Tidene etter 20 og 40 meter ble registrert.

3.2.2 Vertikal spensttest

Spensttesten ble utført på en kraftplattform (AMTI modell SG-9, advanced mechanical technologies, Newton, MA, USA) på olympiatoppen. Utøverens kroppsvekt blir målt på plattformen. Hopp høyde beregnes etter impulsmetoden. Dvs at kraften integreres mot tid fra start trykkes, til plattformen forlattes etter satsen. Denne metoden måler nøyaktig ($\pm 1\%$) hopp høyden i et svikthopp.

Innstilling forsterker:

Hardware filter (i forsterkeren) lavpass 1050 Hz
Forsterkning 4000 (normal innstilling)
Data innsamling, signalbehandling osv foregår i matlab:
16 bit a/d kort
Samplingfrekvens 2000 Hz
Digitalt lavpass filter på 120 Hz

Vi testet utøverne i squatjump (SJ), counter movement jump (CMJ) og fallhopp fra 30cm og 60cm. Under samtlige hopp måtte FP holde hofteak under hele hoppet. De skulle unngå å gå for dypt ned med overkroppen fordi man da bruker ryggen mer i satsen. I stedet skulle man holde ryggen rett og i samme vinkel hele veien, mest mulig likt bevegelsen i knebøy. Dette utelukker mye hoppteknikk og blir mer et mål på hvor spenstig og eksplosiv man er i strekkapparatet i beina. Spensttestene ble utført ca 5 minutter etter at utøverne hadde gjennomført sprint - testen. Forsøkspersonene fikk minst tre forsøk per hoppvariant, eller til det begynte å gå nedover med hopp høyden. De fleste lå mellom 3-6 forsøk per hopptest. Én forsøksperson gjennomførte ikke fallhoppene på grunn av problemer med knærne

3.2.3 Muskelstyrke

Muskelstyrke ble målt i knestrekkerne, knebøyerne og leggmusklene. Et dynamometer (REV9000, TechnoGym, Italia) ble brukt for å måle både dynamisk (med bevegelse i kne og ankelledd) og isometrisk (med låst kne og ankelledd) muskelstyrke. Styrketesten bestod av fem serier per ledd (fire ledd totalt, ankel og kne på begge bein). Første serie var fire repetisjoner oppvarming. Her utførte FP fire repetisjoner med økende innsats. Det ble utført dynamiske kontraksjoner med en hastighet på 60grader/sek. Andre serie var tre repetisjoner maksimal innsats i samme hastighet. Tredje serie bestod av tre maksimale repetisjoner på en hastighet på 240grader/sek. Fjerde serie var 5 sekunder isometriske kontraksjoner på 30, 60 og 90 graders vinkel i kneleddet. Femte og siste serie var tre repetisjoner eksentrisk muskelaksjon på en hastighet på 30grader/sek.

3.2.4 Fjærstivhet i patellarsenen

Måling av "senefjærstivhet" ble gjort med ultralyd ved å måle forlengningen av senen under isometrisk kraftutvikling. Disse målingene ble gjennomført i en kneekstensjonmaskin, med kraftmåler, hvor vi også målte MVC og RFD, men i tillegg ble senen "filmet" under kontraksjonen med et ultralydapparat slik at vi kunne måle forlengningen av senen etter hvert som kraften i kontraksjonen økte (se figur 1).

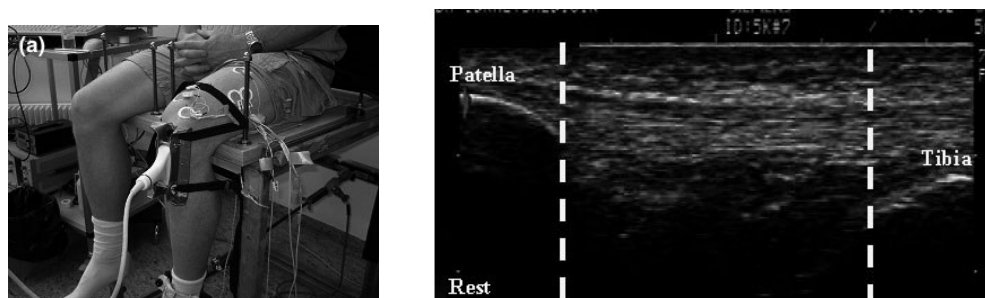


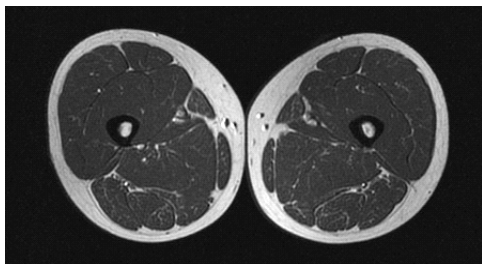
Fig. 1 Oppsett for måling av patellarsenens fjærstivhet. Ved hjelp av et ultralydapparat filmes senen mens FP utvikler kraft i knestrekkerne. Ved å se hvor mye senen forlenges ved en gitt kraft i knestrekkerne kan vi beregne fjærstivheten i senen.

3.2.5 Tverrsnittsareal av lår - og leggmuskulatur og de tilhørende senene

Muskeltverrsnittsareal over begge lår og legger samt tykkelse av patellarsenen og akillessenen ble målt i en MR maskin (magnetisk resonanstomografi). MR apparatet som ble brukt er et GE Signa 1,5 Tesla Echospeed (GE Medical Systems, Madison, Wisconsin, USA). En serie axiale snitt ble gjort for å kunne måle tverrsnittet.

Tverrsnittareal av lår ble målt over ni snitt med 35,5mm mellomrom. Hvert snitt hadde en tykkelse på 5mm. Vi tok utgangspunkt i knespalten som referansepunkt og målte over ni snitt oppover låret (figur 2).

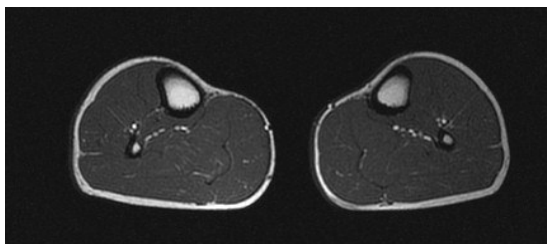
Fig 2



Axialt tverrsnitt av lårmuskulatur.

Tverrsnittsareal i leggmuskulatur ble også målt over ni snitt, med 35,5mm mellomrom. Utgangspunktet var også her knespalten, men vi målte da ni snitt nedover fra knespalten. Snittykkelsen var 5mm for leggmuskulaturen også (figur 3).

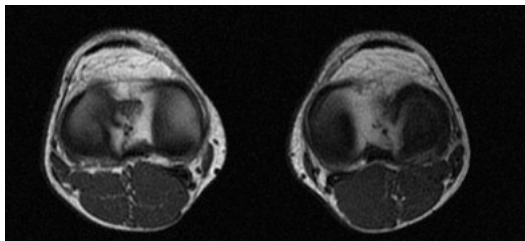
Fig 3



Axialt tverrsnitt av leggmuskulatur.

I patellarsenen ble det tatt tverrsnittsarealmålinger over syv snitt med 5mm mellomrom. Snitt tre ble lagt i leddspalten. De første lå under leddspalten, de fire siste lå over. Snittykkelsen var også her 5mm (figur 4).

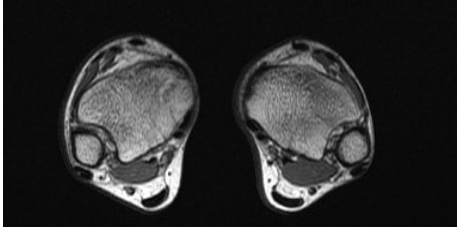
Fig 4



Axialt tverrsnitt av patellarsenen.

Akillesenens tverrsnittsareal ble målt i 12 snitt med 4mm mellomrom, fra øvre kant på calcaneus. Hvert snitt var 4mm tykt (figur 5).

Fig 5



Axialt tverrsnitt av akillessenen.

Vi tok også bilder av akilles i sagittalplan for å kunne avstanden mellom akilles og omdreiningpunktet i ankelleddet (figur 6).

Fig 6



Akillessenen i sagittalplan.

Ved å bruke programmet Functool på arbeidsstasjonen GE Advantage Workstation, 4.2, kunne vi lage et omriss av de forskjellige muskelbukene og få tverrsnittsarealet i mm². I låret målte vi tverrsnittsarealet for m. quadriceps, m. sartorius, m. gracilis, hamstrings og resten av adduktorgruppen.

Leggen ble delt inn i fremre del, bakre del og m.gastrocnemius medialis.

Ikke alle snitt ble brukt for hver muskel, men minimum tre snitt ble målt for hver muskel, hvorav det største tverrsnittsarealet ble brukt i resultatanalysene.

3.3 Statistiske metoder og databehandling

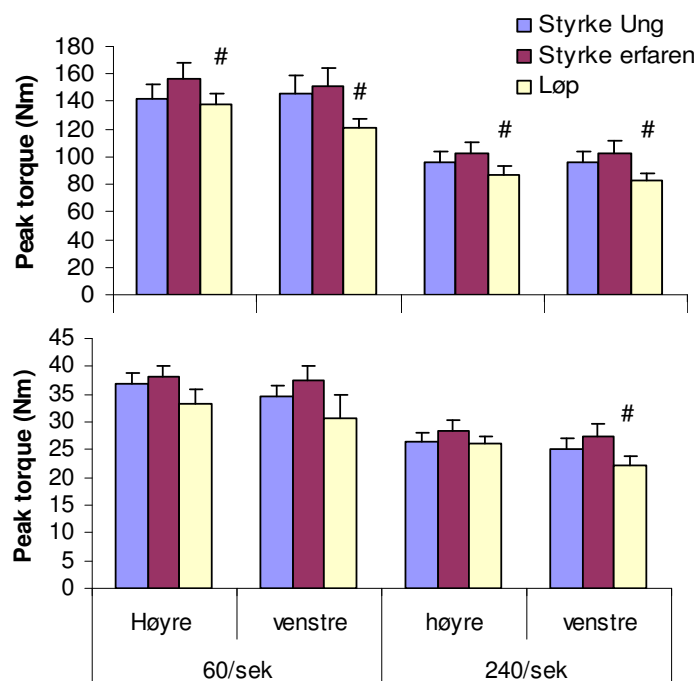
Alle dataene ble lagt inn og behandlet i Microsoft Excel 7.0. Ved parvis sammenligning av testdata mellom høyre og venstre bein ble det brukt en tosidig, parret t-test. Ved sammenligning av testdata mellom de to forskjellige gruppene ble det brukt en tosidig, uparret t-test. Et signifikansnivå på 5 % ($p < 0,05$) ble ansatt som statistisk holdbart. Spredningen er angitt som Standard Error (SE).

4.0 RESULTATER

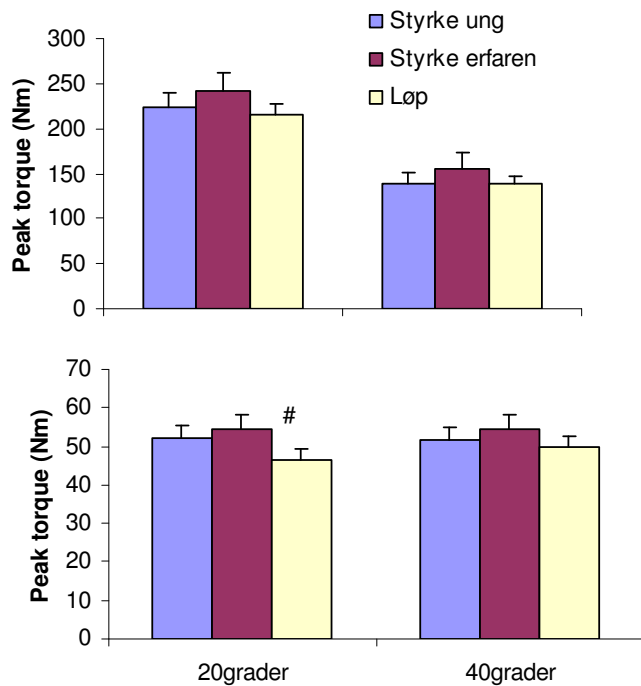
4.1 Muskelstyrke

4.1.1 Ankelledd

Løperne hadde signifikant lavere peak torque enn de erfarne styrkeutøverne i alle isokinetiske tester i plantarfleksjon i ankeleddet. De erfarne styrkeutøverne hadde henholdsvis 20 % og 11 % høyere peak torque ved 60 grader/sek (venstre og høyre bein), og 19 % og 15 % ved 240 grader/sek (figur 1 øverst). Det var derimot ingen signifikante forskjeller ved isometriske tester (figur 2 øverst). Ved plantarekstensjon hadde løperne signifikant lavere peak torque (19 %) enn de erfarne styrkeutøverne i venstre ankelledd i isokinetisk test ved 240 grader/sek, og det var tendenser til det samme ved 60 grader/sek (figur 1, nederst). Løperne hadde signifikant lavere (15 %) isometrisk kraft enn de erfarne styrkeutøverne ved 20 grader i ankelleddet og tendens til det samme ved 40 grader (figur 2 nederst). De erfarne styrkeutøverne hadde signifikant høyere isometrisk kraft i høyre enn venstre bein ved 20 grader plantarfleksjon, ellers var det ingen forskjeller mellom venstre og høyre bein innad i gruppene.



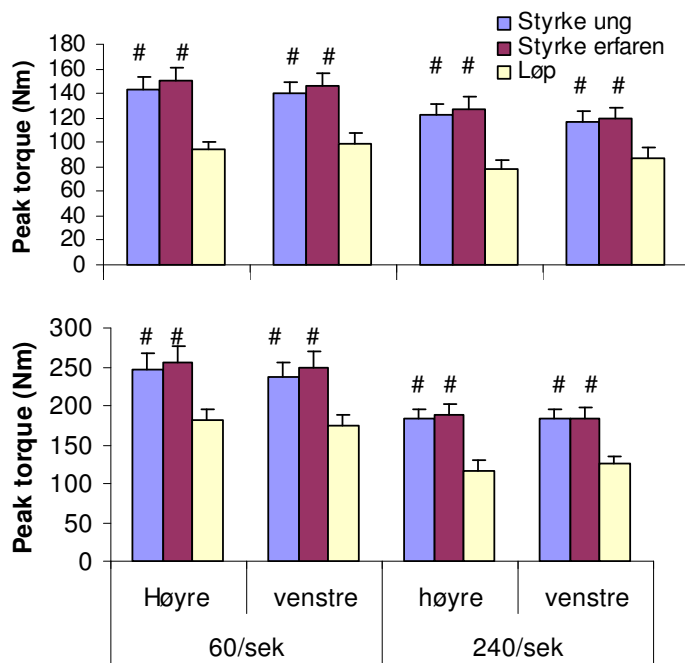
Figur 1. Maksimalt isokinetisk dreiemoment i ankelleddet ved 60 og 240grader/sek i dorsalfleksjon (øverst) og dorsalekstensjon (nederst). # = Signifikant lavere enn de erfarne styrkeutøverne ($p=0,05$).



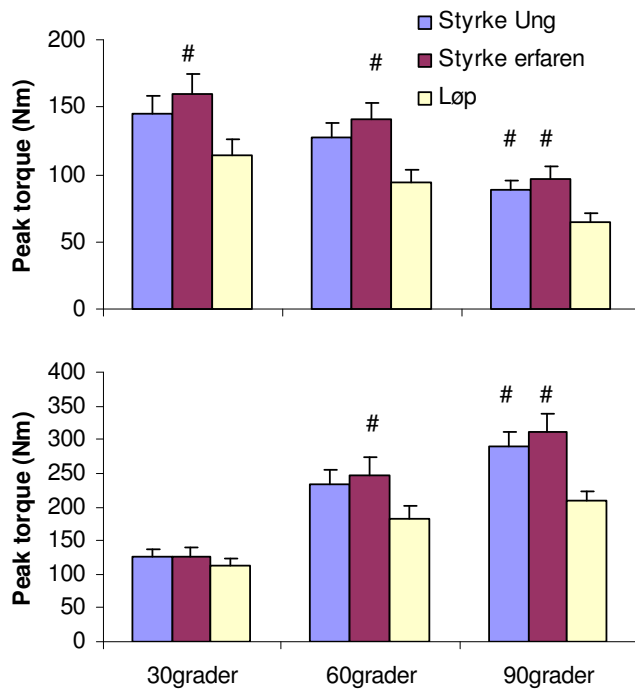
Figur 2. Maksimalt isometrisk dreiemoment ved 20 og 40 grader i ankelleddet ved dorsalfleksjon (øverst) og dorsalekstensjon (nederst). Tallene er gjennomsnittsverdier av venstre og høyre bein. # = Signifikant lavere enn de erfarne styrkeutøverne ($p=0,05$).

4.1.2 Kneledd

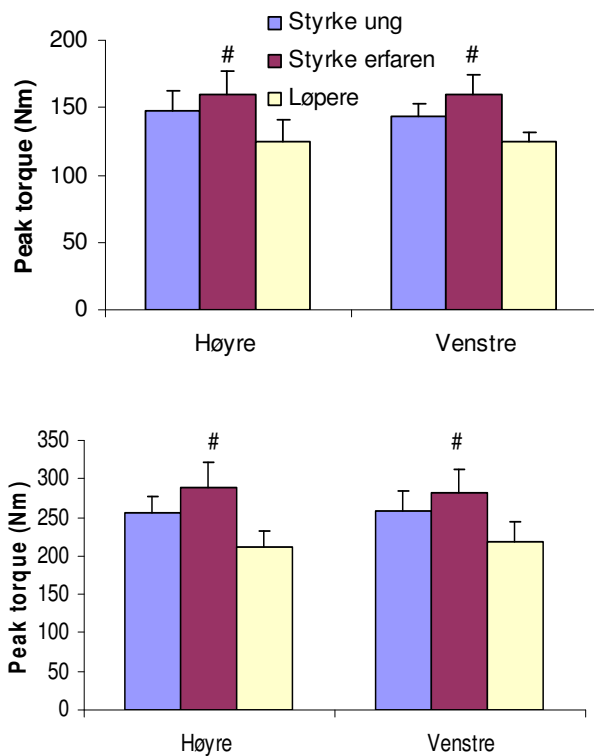
Løperne hadde signifikant lavere isokinetisk peak torque (ca 30 %) enn de andre to gruppene ved 60 grader/sek og 240 grader/sek knefleksjon (figur 3 øverst), og kneekstensjon (figur 3 nederst). Styrkeutøverne hadde også høyere isometrisk peak torque (ca 30 %) enn løperne ved 90 grader knefleksjon (figur 4 øverst) og kneekstensjon (figur 4 nederst). Forskjellene var ikke like store ved 30 og 60grader. De erfarne styrkeutøverne hadde signifikant høyere eksentriske peak torque enn løperne ved knefleksjon (22 %) (figur 5 øverst) og kneekstensjon (25 %) (figur 5 nederst). De erfarne styrkeutøverne hadde signifikant høyere isometrisk peak torque ved 30 og 60 grader knefleksjon, og 90 grader kneekstensjon i høyre enn venstre bein. De unge styrkeutøverne hadde signifikant høyere isometrisk peak torque ved 60 grader kneekstensjon. Ellers var det ingen forskjeller mellom høyre og venstre bein.



Figur 3. Maksimale isokinetiske dreiemomenter ved 60 og 240grader/sek i knefleksjon (øverst) og kneekstensjon (nederst) # = Signifikant høyere enn løperne, (p= 0,05).



Figur 4. Maksimale isometriske dreiemomenter ved 30, 60 og 90 grader i knefleksjon (øverst) og kneekstensjon (nederst). # = Signifikant høyere enn løperne, (p= 0,05).



Figur 5. Maksimalt eksentrisk dreiemoment i knefleksjon (øverst) og kneekstensjon (nederst). # = Signifikant høyere enn løperne, ($p=0,05$).

4.2 Tverrsnittsareal i muskulatur og sener

4.2.1 Muskulatur

Løperne hadde signifikant lavere tverrsnittsareal enn de andre to gruppene i alle målte muskler i lårene (tabell 1). De hadde over 25 % lavere tverrsnittsareal på forsiden av låret enn styrkeutøverne, og ca 18 og 28 % lavere enn henholdsvis de unge og de erfarne styrkeutøverne på baksiden (figur 7, øverst). Adduktormuskulaturen hadde ca 20 % lavere tverrsnittsareal hos løperne enn styrkeutøverne (figur 7, nederst).

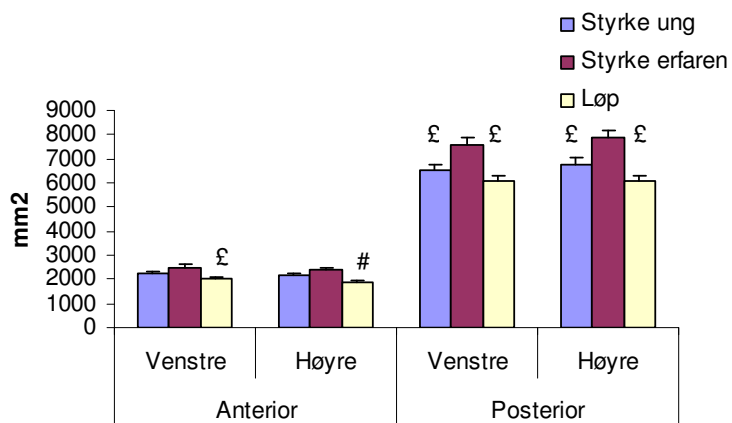
Styrke erfaren hadde henholdsvis 13 % og 20 % større muskeltverrsnittsareal enn de unge styrkeutøverne og løperne i muskulaturen på baksiden av leggene (figur 6). Løperne hadde også ca 20 % lavere tverrsnittsareal enn de erfarne styrkeutøverne på forsiden av leggen (figur 6). Gjennomsnittsverdiene for muskeltverrsnittsareal er presentert i tabell 1.

Tabell 1 Gjennomsnittsverdier av muskeltverrsnittareal (cm² ± SE)

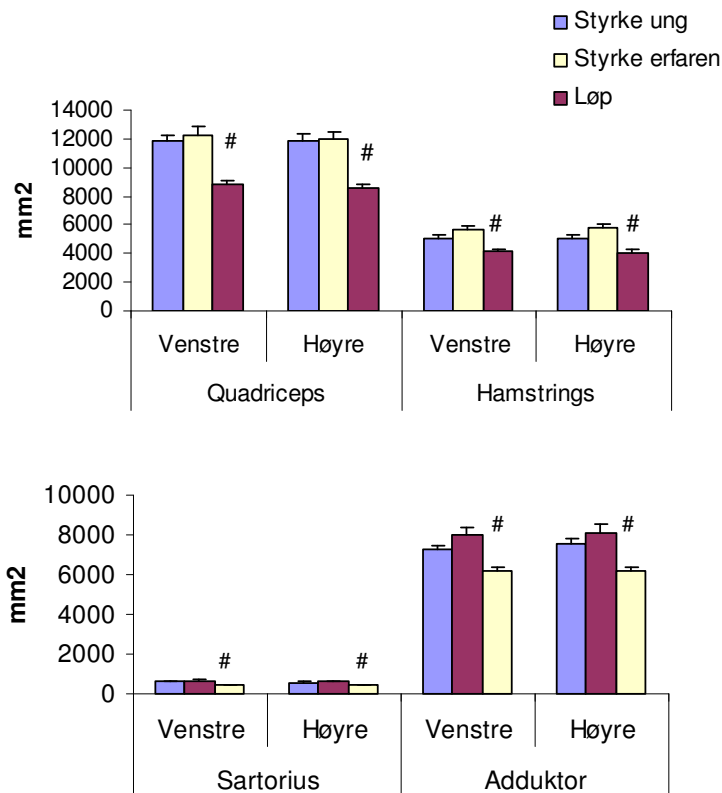
	Styrke ung		Styrke erfaren		Løpere	
	Venstre	Høyre	Venstre	Høyre	Venstre	Høyre
Forside lår	119±4,6	118±4,5	120±4,6	123±5,5	88±2,7*	86±2,2*
Sartorius	6±0,4	6±0,3	6±0,5	6±0,4	5±0,3*	4±0,3*
Gracilis	8±0,4	8±0,5	8±0,6	8±0,4	5±0,3*	5±0,3*
Hamstrings	50±2,5	50±2,6	57±3,2	57±3,2	41±1,8*	41±1,8*
Adduktor	73±2,1	75±2,5	80±4,2	81±4,3	62±2,1*	62±1,9*
Forside legg	22±0,9	21±0,9 [^]	25±0,9	24±0,9	21±0,7 [^]	18±0,7*
Bakside legg	65±2,7 [^]	68±2,6 [^]	75±3,5	78±3,3	61±2,2 [^]	61±2,2 [^]
Med. Gastro.	17±1 [^]	18±1,1 [^]	22±1,5	23±1,2	17±0,7 [^]	18±0,5 [^]

* = signifikant lavere enn de andre gruppene.

[^] = signifikant lavere enn de erfarne styrkeutøverne.



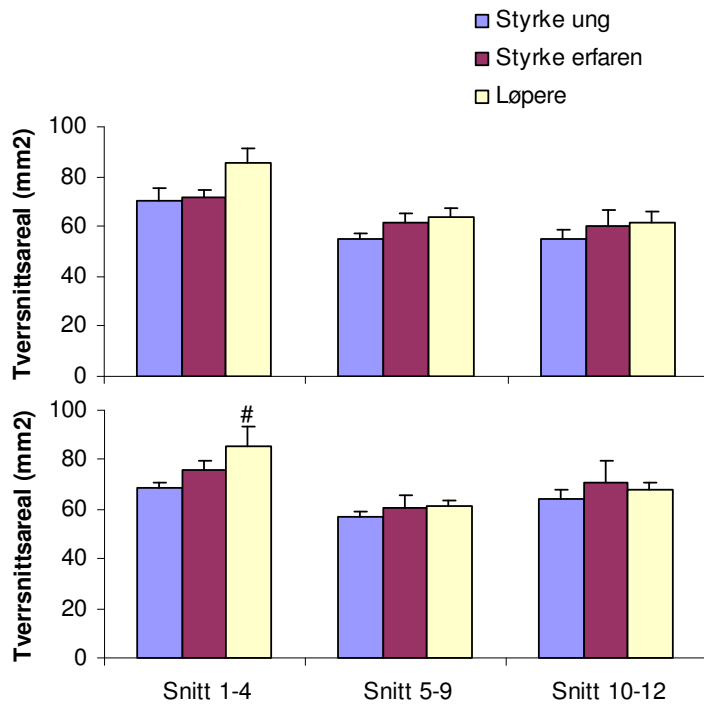
Figur 6. Tverrsnittareal av leggmuskulatur hos styrkegruppa og løpergruppa. # = signifikant lavere enn de andre gruppene. £ = signifikant lavere enn styrke erfaren (p<0,05).



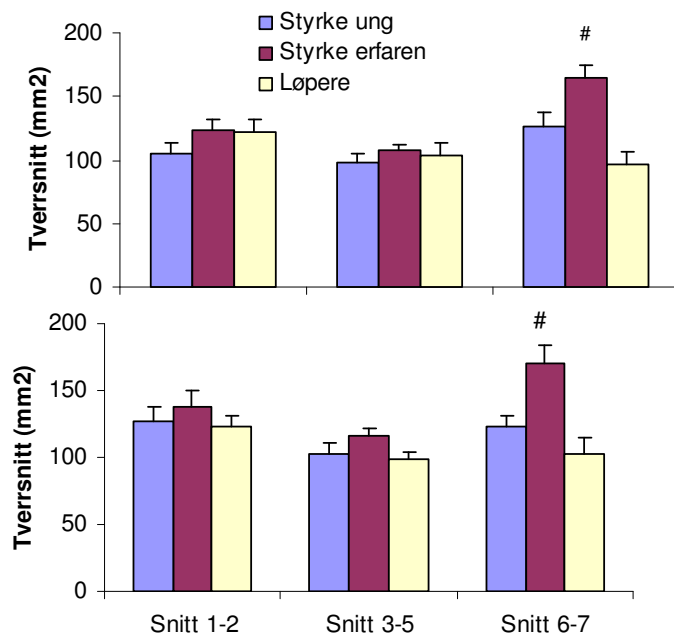
Figur 7. Tverrsnittsareal av m.quadriceps og hamstrings (øverst) og m.sartorius og adduktorgruppen (nederst). # = signifikant lavere enn de andre gruppene ($p < 0,05$).

4.2.2 Tverrsnittsareal i akilles – og patellarsenen

Løperne hadde signifikant høyere tverrsnittsareal (20 %) i den distale delen av akillessenen enn styrke ung i høyre akillessene (figur 8, nederst). Tendensen var også den samme for den venstre akillessene (hhv 0,088 og 0,057 for styrke ung og styrke erfaren) (figur 8, øverst). Den midtre og proximale delen var lik i alle gruppene (figur 8). De erfarne styrkeutøvere hadde ca 25 % større tverrsnittsareal i den proximale delen av patellarsenen enn de unge styrkeutøvere, og ca 40 % større enn løperne (figur 9).



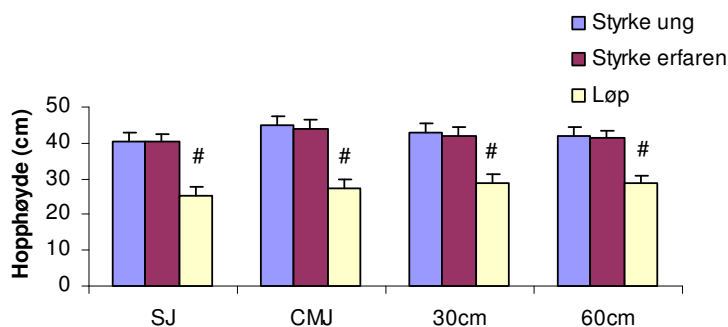
Figur 8. Tverrsnittsareal i venstre (øverst) og høyre akilles. Snitt 1-4 er den distale delen av senen og snitt 10-12 er den proksimale delen av senen. # = signifikant høyere enn de unge styrkeutøverne ($p < 0,05$)



Figur 9. Tverrsnittsareal i høyre (øverst) og venstre patella. Snitt 1-2 er den distale delen av senen og snitt 6-7 er den proksimale delen av senen. # = signifikant høyere enn de andre gruppene ($p < 0,05$)

4.3 Spenst

Løperne hadde signifikant lavere hoppøyde enn de to andre gruppene i alle de fire forskjellige hoppvariantene (figur 10). Løperne hoppet bedre på fallhoppene enn svikthopp og knebøyhopp, mens styrkeutøverne hoppet høyest med svikthopp.



Figur 10. Spenst målt på kraftplattform. # = signifikant lavere enn de andre gruppene ($p < 0,01$)

4.4 Hurtighet

Det var ingen forskjell mellom gruppene på hurtighet verken ved 20 eller 40 meter sprint (tabell 2).

Tabell 2. Hurtighet målt som 40 meter sprint, med tidsmåling etter 20 og 40 meter (sek \pm SE).

	20 meter	40 meter
Unge styrkeutøvere	2,93 \pm 0,09	5,41 \pm 0,15
Erfarne styrkeutøvere	2,97 \pm 0,08	5,49 \pm 0,15
Løpere	3,15 \pm 0,08	5,72 \pm 0,15

4.5 Fasikkelvinkel og lengde

Begge styrkegruppene hadde signifikant høyere fasikkelvinkel – og tykkelse i m. vastus lateralis enn løpergruppa i begge beina. Det var ingen forskjell mellom gruppene i fasikkellengde på samme muskelbuk (tabell 3).

Tabell 3. Fasikkelvinkel, lengde og -tykkelse målt ved ultralyd i m.vastus lateralis (grader/cm \pm SE).

	Unge styrkeutøvere	Erfarne styrkeutøvere	Løpere
Fasikkelvinkel (°)	22,1 \pm 0,9	22,9 \pm 1,0	18,3 \pm 0,9*
Fasikkellengde (cm)	7,9 \pm 0,4	7,7 \pm 0,3	7,3 \pm 0,2
Muskeltykkelse (cm)	2,94 \pm 0,13	2,98 \pm 0,13	2,29 \pm 0,11*

* = signifikant lavere enn de andre gruppene ($p < 0,05$)

4.6 Sammenheng mellom fasikkler og spenst/hurtighet.

Hos de erfarne styrkeutøverne var det positiv korrelasjon mellom fasikkellengde og prestasjon på 40 meter sprint og en negativ korrelasjon mellom fasikkellengde og hopp høyde i spensttester, med unntak av fallhopp fra 30 cm. Hverken fasikkelvinkel eller fasikkellengde korrelerte mot hurtighet eller spenst hos de andre to gruppene (tabell 4 og 5). Når vi slo sammen data fra alle gruppene var det en korrelasjon mellom fasikkelvinkel og SJ, CMJ og fallhopp rett i underkant av 0,5. Ved å bruke *relativ* fasikkellengde (fasikkellengde/femurlengde) istedenfor fasikkellengde, var det en negativ korrelasjon mellom relativ fasikkelvinkel og 40 meter sprint, og en positiv korrelasjon mellom relativ fasikkelvinkel og CMJ og fallhopp hos løperne (tabell 6). Det var ingen forskjell mellom gruppene i relativ fasikkellengde.

Tabell 4. Sammenheng mellom fasikkelvinkel/fasikkellengde og hurtighet/spenst .

Korrelasjonstabell					
Fasikkelvinkel	40m	SJ	CMJ	30cm	60cm
Styrke ung	0,29	-0,14	-0,096	0,084	0,002
Styrke erfaren	0,14	-0,07	-0,07	-0,05	-0,12
Løpere	-0,22	0,32	0,14	0,21	0,27
Fasikkellengde					
Styrke ung	0,26	-0,06	-0,16	-0,40	-0,35
Styrke erfaren	0,55	-0,63	-0,58	-0,35	-0,52
Løpere	-0,34	0,09	0,20	0,30	0,27

Tabell 5. Sammenheng mellom fasikkelvinkel/fasikkellengde og hurtighet/spenst for alle utøverne samlet .

Korrelasjonstabell					
	40m	SJ	CMJ	30cm	60cm
Fasikkelvinkel	-0,03	0,48	0,49	0,47	0,43
Fasikkellengde	0,07	0,06	0,09	0,01	0,03

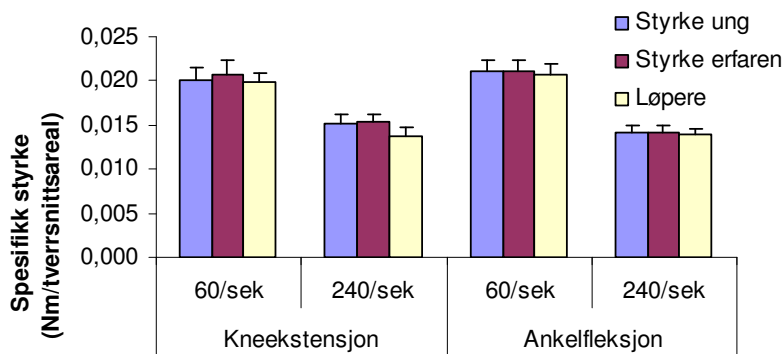
Tabell 6. Sammenheng mellom relativ fasikkellengde og hurtighet/spenst.

Korrelasjonstabell					
Fasikkellengde	40m	SJ	CMJ	30cm	60cm
Styrke ung	0,07	0,25	0,12	-0,14	-0,1
Styrke erfaren	-0,08	-0,11	-0,05	0,15	0,21
Løpere	-0,53	0,4	0,51	0,61	0,56

4.7 Spesifikk og relativ styrke

4.7.1 Spesifikk styrke

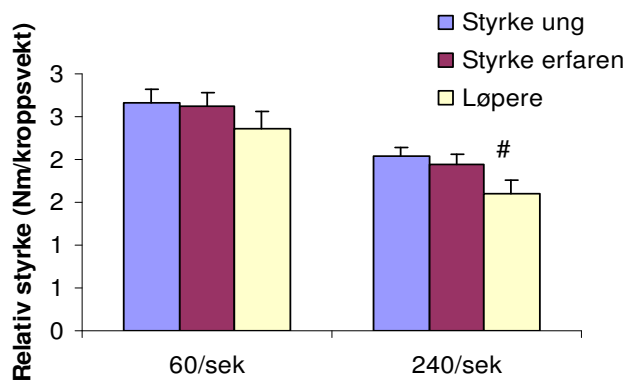
Det var ingen forskjell i den spesifikke styrken over kneleddet eller ankelleddet mellom gruppene (Figur 11).



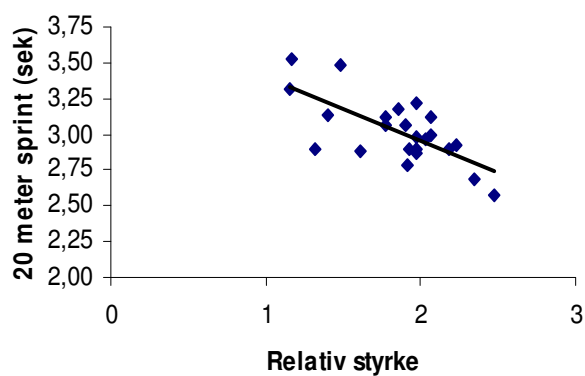
Figur 11. Spesifikk styrke i kneleddet og ankelleddet. Gjennomsnittsverdier av høyre og venstre bein.

4.7.2 Sammenheng mellom relativ styrke i knestrekkerne og hurtighet/spenst

Løperne hadde signifikant lavere relativ styrke (21 %) enn de unge styrkeutøverne i kneekstensjon ved 240 grader/sek (figur 12). Det var god korrelasjon mellom relativ isometrisk styrke ved 90 grader i kneleddet, isokinetisk styrke ved 60 grader/sek og 240 grader/sek og prestasjon i sprint, og mellom relativ isometrisk styrke ved 90 grader og, isokinetisk styrke ved 240 grader/sek og sprint og hoppprestasjoner (tabell 7). Det var best korrelasjon mellom isokinetisk styrke ved 240 grader/sek og 20 meter sprint (figur 13).



Figur 12. Relativ styrke i knestrekkerne. # = signifikant lavere enn de unge styrkeutøverne (<0,05).



Figur 13. Korrelasjon mellom relativ isokinetisk styrke ved 240 grader/sek og 20 meter sprint ($R = -0,69$).

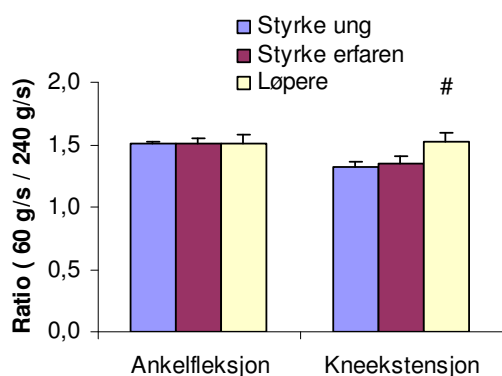
Tabell 7. Korrelasjon mellom relativ styrke i knestrekkerne og sprint og hopp.

Korrelasjonstabell						
Relativ styrke	20m	40m	SJ	CMJ	30cm	60cm
Isom. 30	-0,22	-0,22	-0,21	-0,17	-0,12	-0,13
Isom. 60	-0,42	-0,39	0,22	0,28	0,36	0,34
Isom. 90	-0,6	-0,55	0,42	0,48	0,53	0,56
Isok. 60/s	-0,54	-0,53	0,22	0,32	0,34	0,37
Isok. 240/s	-0,69	-0,66	0,53	0,6	0,54	0,57
Eksentrisk	-0,23	-0,21	-0,06	-0,01	0,07	0,08

4.8 Ratio styrke- og hopptester

4.8.1 Ratio isokinetisk ankelfleksjon og kneekstensjon

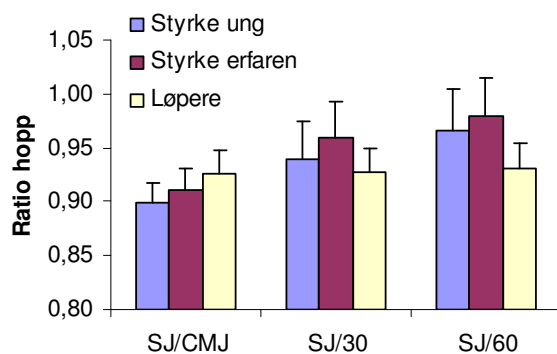
De unge styrkeutøverne hadde signifikant lavere ratio enn løperne mellom langsomme (60 g/s) og hurtig (240 g/s) isokinetisk kneekstensjon (figur 14).



Figur 14. Ratio mellom langsomme (60g/s) og hurtig (240 g/s) isokinetisk ankelfleksjon og kneekstensjon. # = signifikant høyere enn de unge styrkeutøverne ($p < 0,05$).

4.8.2 Ratio hopptester

Løperne hadde større differanse mellom knebøyhopp og fallhopp enn styrkeutøverne, mens det var omvendt mellom knebøyhopp og svikthopp (figur 15). Forskjellene var ikke signifikante.



Figur 15. Ratio mellom knebøyhopp (SJ) og svikthopp (CMJ), fallhopp fra 30 cm (30) og fallhopp fra 60 cm (60).

5.0 Diskusjon

Hensikten med denne studien var å se på mekaniske og strukturelle egenskaper i muskulatur og sener i strekkapparatet i beina hos idrettsutøvere med forskjellige krav til prestasjon. Det ble sett på to forskjellige typer idrettsutøvere; løpere (langdistanseløpere og orienteringsløpere) og kraftutøvere (styrkeløftere og vektløftere). Hver utøver ble testet i hurtighet, spenst, muskelstyrke og i tillegg ble det målt tverrsnittsareal av muskulatur og sener. Det ble også målt fjærstivhet i strekkapparatet og i senene, men disse resultatene vil ikke bli presentert i denne oppgaven.

Hovedfunnene i studien var at langdistanseutøvere hadde høyere tverrsnittsareal på den distale delen av akillessenen enn styrkeutøverne, mens styrkeutøvere hadde høyere tverrsnittsareal på den proksimale delen av patellarsenen enn langdistanseutøverne. Styrkegruppene hadde klart større tverrsnittsareal i lår- og leggmuskulatur. Styrkegruppene hadde signifikant høyere hopp høyde i alle fire varianter av hopp tester enn løperne, men det var ingen forskjell på tid ved 20 eller 40 meter sprinttest. Styrkegruppene hadde høyere maksimalt dreiemoment i de fleste styrketestene, men noe overraskende var det ikke signifikant forskjell ved isometrisk kneekstensjon ved 30 grader, eller isometrisk plantarfleksjon.

Dette er første gang løpere og styrkeløftere er blitt sammenlignet i alle disse mekaniske og strukturelle egenskapene. Andre grupper idrettsutøvere har blitt sammenlignet i noen av egenskapene vi har sett på, men de har som regel fokusert på én spesifikk egenskap som for eksempel tverrsnittsareal og fjærstivhet i sener (Arampatzis et al., 2006; Hobara et al., 2008; Kongsgaard et al., 2005).

5.1 *Tverrsnittsareal av muskler og sener*

5.1.1 Tverrsnittsareal av lår - og leggmuskler

Det er veldokumentert at tung styrketrening over tid kan føre til økning i muskeltverrsnittsareal (Kubo et al., 2001, 2006, 2007; Kongsgaard et al., 2007; Seynnes et al., 2007; Wernbom et al., 2007). Som forventet hadde derfor styrkegruppene høyere

tverrsnittsareal i lår - og leggmuskler enn løperne, og de erfarne styrkeutøverne lå litt høyere enn de yngre. Selv om ikke alle resultatene viste signifikante forskjeller, var tendensene sterke, og indikerer et dose – responsforhold mellom erfaring med styrketrening og muskeltverrsnittsareal. Det var ingen forskjell på den spesifikke styrken i kneleddet og ankelleddet i de isokinetiske styrketestene slik at det var et nært forhold mellom tverrsnittsareal og muskelstyrke. Det er en allmenn oppfatning at styrkeutøvere er veldig sterke i forhold til sin muskelmasse fordi de er gode til å mobilisere og dermed får maksimalt ut av sin muskelmasse. Resultatene i denne studien viser imidlertid at løperne får like mye ut av sin muskelmasse og at det derfor er tverrsnittsarealet som er avgjørende for styrken i disse testene. Det var stor spredning i den spesifikke styrken innad i gruppene, en forklaring på dette kan være ulike momentarmer over kne og ankelledd. En lang legg gir en lengre momentarm under en kneekstensjon, og dermed bedre forutsetninger for å oppnå et høyt dreiemoment.

5.1.2 Tverrsnittsareal i sener

Det er tidligere vist at løpere har større tverrsnittsareal i akillessenen enn ikke – løpere (Magnusson & Kjær, 2003). Det er videre vist at sener kan få regionspesifikke tverrsnittarealendringer etter en periode med styrketrening (Kongsgaard et al., 2007; Arampatzis et al., 2007). Løperne i denne studien hadde høyere tverrsnittsareal enn styrkegruppene på den distale delen av akillessenen. Dette er noe overraskende siden styrkeutøverne hadde større leggmuskler og var klart sterkest i plantarfleksjon, men det kan tyde på at den langvarige, hyppige belastningen ved løping er av avgjørende betydning for akillessenens tykkelse i dette området. Dette foreslo også Magnusson & Kjær (2003) som en forklaring på hvorfor løpere har større tverrsnittsareal enn ikke – løpere. Andre studier har ikke sett endring i tverrsnittsarealet i akilles etter trening med lett belastning (Arampatzis et al., 2007). De foreslår at belastningen må over et visst terskelnivå for å få adaptasjoner i mekaniske og morfologiske egenskaper i senen. Dette kan forklare hvorfor resultatene er så sprikende fra det ene studiet til det andre. Styrkeutøvere har som regel ikke lagt inn spesifikk trening på leggmuskulatur i deres treningsregime. Det er mulig at de derfor ikke får nok belastning på senen til å få tverrsnittsarealendringer. Men styrkeutøverne hadde større leggmuskler på baksiden av leggene, som tyder på at de har hatt mye belastning i det området i løpet av mange år med styrketrening. Ved løping har man et ganske stort drag i akillessenen,

av kort varighet. Derimot er antall repetisjoner svært høyt. Dette kan tyde på at belastningen på akillessenen må være av en viss mengde, ikke størrelse, for å oppnå økning i tverrsnittsareal. Dette kan forklare misforholdet mellom tverrsnittsarealet i akillessenen og leggmuskulaturen hos styrkeutøverne. Forklaringen på hvorfor vi bare så forskjeller i den distale delen av akillessenen har blitt relatert til den pressende belastningen av senen mot bein, henholdsvis calcaneus og tibia, noe som har vist å kunne stimulere syntesen av proteiner fra extracellulær matrix (Kongsgaard et al., 2007). Men om dette stemmer skulle vi se de samme regionspesifikke tverrsnittsarealendringer i patellarsenen, noe vi ikke gjorde i denne studien.

De erfarne styrkeutøverne hadde 25 - 40 % høyere tverrsnittsareal i proximale del av patellarsenen enn de andre gruppene, og det var en tendens til at de unge styrkeutøverne også hadde høyere tverrsnittsareal enn løperne. Her kan det se ut som en dose – respons effekt av treningsvolum og intensitet på styrketrening av knestrekkerne, og tverrsnittsareal på senen. Dette så vi også på muskelstyrke og tverrsnittsareal på muskelbukken. Patellarsenen kan få økt tverrsnittsareal etter styrketrening, og økningen varierer langs lengdeaksen på senen. Spesielt ved festene skjer det en endring etter en periode med styrketrening (Kongsgaard et al., 2007), noe som kan tenkes å være på grunn av at belastningen på senen er veldig stor i festepunktene i hver ende av senen. Når en muskel øker i styrke og volum, blir senen utsatt for større belastning og stress hvis ikke den også øker volumet (Kongsgaard et al., 2007). Styrkegruppene i denne studien hadde høyere tverrsnittsareal enn løperne i den proximale delen av patellarsenen, men i motsetning til Kongsgaard et al (2007) sin studie fant vi ingen forskjell mellom gruppene i den distale delen. I deres studie fikk også gruppen som trente veldig lett styrketrening signifikant økning, men bare i den distale delen. De trente serier på 36 repetisjoner og bare 30 sekunders pause, som vil si at belastningen var svært lett. Det kan tyde på at patellarsenen, i likhet med akillessenen, kan få hypertrofi som følge av stor mengde trening, og ikke nødvendigvis bare av stor belastning. Det kan forklare mangelen på forskjell mellom løpergruppen og styrkegruppene i den distale delen. Alle gruppene kan ha hatt en økning i den distale delen av patellarsenen i løpet av mange år med enten utholdenhetstrening eller styrketrening. Hvorfor den proximale delen viste så mye større adaptasjon hos styrkegruppene enn løperne er mer usikkert, men det er en fornuftig tilpasning med tanke på at de fleste plager og skader i patellarsenen forekommer i den proximale delen (Kongsgaard et al., 2007)

5.2 Muskelstyrke

Den viktigste bestemmende faktor for hvor stor kraft en muskelgruppe kan utvikle ved langsomme forkortningshastigheter er tverrsnittsarealet. En muskel kan skape et drag i en sene tilsvarende ca. 30 N per cm² når den er maksimalt aktivert og i sin optimale lengde i en isometrisk kontraksjon (Raastad, 2005). Til tross for resultatene vi fikk på tverrsnittsarealet i muskulaturen, sto ikke resultatene fra styrketestene alltid i stil, spesielt med tanke på muskulatur i ankelleddet. I ankelektensjon var det ingen signifikante forskjeller mellom gruppene verken ved isokinetisk dreiemoment ved 60 grader i sekundet, isometrisk dreiemoment ved 40 grader eller eksentrisk dreiemoment. I ankelfleksjon var det forskjeller i de isokinetiske testene, men ikke i de isometriske testene. Styrketestene på kneleddet hadde derimot resultater som var forventet og som sto i stil med resultatene fra muskeltverrsnittsarealet, hvor styrkegruppene var klart større enn løperne. Her hadde løperne signifikant lavere maksimalt dreiemoment enn styrkegruppene på nesten samtlige tester og med tendens til at de erfarne styrkeutøverne hadde høyere verdier enn de unge styrkeutøverne. Noe overraskende var det at løperne var like sterke som styrkeutøverne i den isometriske testen ved 30 grader i kneleddet. Dette kan være pga at løperne har relativt korte muskler og dermed gode forutsetninger for å utvikle stor kraft ved små knevinkler, som igjen er en fornuftig tilpasning med tanke på de små bevegelsesutslag som er ved langdistanseløping. Det var imidlertid ikke forskjell på fasikkellengden mellom gruppene i m. vastus lateralis, men det kan ha vært forskjeller i lengden på hele muskelbuken. Det ble ikke målt i denne studien.

Den spesifikke styrken i isokinetisk ankelfleksjon (plantarfleksjon) og kneekstensjon var lik mellom gruppene, det samsvarer bra med at styrkeutøverne som har størst quadriceps - og bakre leggmuskler er tilsvarende sterkere i kne og ankel. Dette støtter opp om at det er tverrsnittsarealet i muskulaturen som bestemmer styrken i disse to gruppene av utøvere ved relativt langsomme forkortningshastigheter. Styrke – og muskeltverrsnittsarealresultatene indikerer derfor at mengden styrketrening henger sammen med størrelsen på muskulaturen og derav den maksimale muskelstyrken.

5.3 Spenst og hurtighet

I eksplosive øvelser som sprint (akselerasjonsfasen) og vertikale hopp er maksimalkraft i strekkapparatet en viktig faktor for prestasjon. Spesielt vil den relative styrken spille en avgjørende rolle for hvor hurtig man kan akselerere egen kropp oppover eller framover. Det maksimale dreiemomentet i ankelleddet, relativt til kroppsvekten er opp mot tre ganger så stort ved maksimal sprint ($<4,0$ Nm/kg) som ved normal gange ($1.2-1.6$ Nm/kg) (Arampatzis et al., 2007). Styrkegruppene i denne studien hadde som forventet signifikant høyere hopp høyde enn løperne i alle fire hoppvariantene. Når vi regnet ut den relative styrken i knestrekkerne hadde de unge styrkeutøverne signifikant høyere maksimalt dreiemoment enn løperne i den raskeste isokinetiske styrketesten (240 grader/sek). Når vi så på ratioen mellom de isokinetiske testene hadde de unge styrkeutøverne signifikant lavere ratio enn løperne i kneleddet. Dette viser at de unge styrkeutøverne klarer å oppnå høyere dreiemoment ved rask forkortningshastighet selv om den spesifikke styrken er lik. Her kan det være ulike forklaringer som fibertyper, men også lengre muskellengder som kan være viktig for kraftutviklingen ved raske forkortningshastigheter. Det var ikke signifikante forskjeller på fasikkellengden mellom gruppene i denne studien, men man har sett at sprintere har lengre fasikkler enn langdistanseløpere i andre studier (Abe et al., 2000). Styrkeutøverne rapporterte også 1RM verdier i dyp knebøy som var veldig mye høyere enn det løperne rapporterte (dog, ikke alle løperne visste sin egen 1RM i dyp knebøy). Litt mer overraskende var det at vi ikke fant forskjell i tid på verken 20 eller 40 meter sprint. Evnen til rask kraftutvikling er relatert til sprintprestasjon, og sprintprestasjon er igjen relatert til hoppprestasjon (Bissas & Havenetidis, 2008). Men ved sprint vil kanskje teknikk og kroppsvekt spille inn i større grad enn ved hopptestene, og styrkegruppene var signifikant tyngre enn løperne. Det hadde vært interessant å ha sett tidene etter fem og ti meter, hvor maksimalkraften i strekkapparatet vil være en viktig faktor for akselreaksjonen. Stor pennasjon i muskelfibrene kan gi en positiv effekt ved langsomme forkortningshastigheter fordi man har flere sarkomerer i parallell som bidrar til muskelaksjonen, men ved rask forkortningshastighet, som i akselreaksjonsfasen i en sprint, er det fordel med muskelfibre som ligger mer langs muskelbukens lengderetning (McArdle, Katch, Katch, 2007). Dette kan vi se ved at sprintere har lengre fasikkler og mindre pennasjonsvinkel i strekkapparatet enn langdistanseløpere (Abe et al., 2000). Styrkeløfterne derimot hadde like lange fasikkler, og høyere pennasjonsvinkler enn løperne i denne studien. Det kan være en medvirkende årsak til at de ikke hadde bedre tider på 40 meter enda de hadde mye høyere styrke i strekkapparatet. En annen faktor som kan ha hatt enda større betydning

på sprintprestasjonen til styrkeutøverne er at noen av de hadde så store lår at de ikke kunne løpe normalt.

Noe overraskende hadde løperne større differanse mellom knebøyhopp og fallhopp enn styrkeutøverne, mens det var omvendt mellom knebøyhopp og svikthopp. Svikthopp og fallhopp har en kompresjonsfase hvor beinet som system komprimeres og muskulaturen strekkes. Dette gir mulighet til lagring av elastisk energi, som man kan utnytte i satsen, og det er derfor vanlig å hoppe høyere i slike typer hopp enn ved knebøyhopp hvor man ikke har med en kompresjonsfase (Kubo et al., 2007). Denne elastiske energien får man utnyttet både i senene og muskulaturen. Ved et knebøyhopp er man derfor mer avhengig av den maksimale styrken i strekkapparatet. Personer med høy fjærstivhet i strekkapparatet vil kunne utnytte dette og hoppe prosentvis høyere i fallhopp i forhold til knebøyhopp enn personer med lav fjærstivhet i strekkapparatet. Selv om det ikke var signifikante forskjeller så indikerer disse resultatene at løperne muligens hadde større relativ² fjærstivhet i strekkapparatet enn styrkeutøverne. I svikthoppet og fallhoppene i denne studien utførte utøverne relativt dype hopp (< 90 grader i kneleddet) og det er derfor naturlig å tenke at spesielt muskulaturen på forsiden av låret, med patellarsenen, er viktig for prestasjonene i disse hoppene. Økt tverrsnittsareal i senene har sammenheng med økt fjærstivhet (Kongsgaard et al., 2007; Arampatzis et al., 2007). Styrkeutøverne hadde større tverrsnittsareal i den proximale delen av patellarsenen enn løperne. Likevel ser det ut til løperne utnyttet den elastiske energien bedre enn styrkeutøverne. Det er mulig at man må ha en tverrsnittsarealøkning langs hele lengdeaksen i senen for å få økt fjærstivhet.

5.4 Gjennomføring av testene

Det var meningen at utøverne skulle gjennomføre testene i samme rekkefølge, hvor de først testet MR, deretter tilvenning til sprint, spenst og styrketestene. Dagen etter skulle de gjennomføre test på fjærstivhet i strekkapparatet, sprint, spenst, styrke og fjærstivhet i senen (hvor de også målte fasikkelvinkel og – lengde). Denne rekkefølgen var ikke alltid lett å opprettholde da vi måtte rette oss best mulig etter tilgjengeligheten til utøverne. De fleste utøverne som kom utenbys fra gjorde det i denne rekkefølgen, over to dager. Men andre

² Fjærstivhet i forhold til kroppsvekt

hadde flere dager mellom noen av testene. For det meste gjorde alle utøverne testene i samme rekkefølge. Det som kunne tenkes å påvirke resultatene litt var at de tyngste utøverne var slitne etter løping på tredemølle ved testing av fjærstivhet i strekkapparatet. Det er mulig det kan ha påvirkning på sprinttesten som fulgte rett etter, selv om de fikk en relativt lang pause mellom testene (ca 10-15 min).

6.0 Konklusjon

Stor mengde styrketrening gir et stort muskelvolum, som er den viktigste faktoren for muskelstyrke. Muskelstyrke påvirker prestasjonen i styrketester og hopp tester. Styrkeutøvere har større muskelvolum enn løpere, og presterer bedre i de fleste styrketester og hopp tester i denne studien. Men et for stort muskelvolum kan gi negativ effekt på løpsteknikk, og dermed på prestasjon ved 40 meter sprint.

Langdistanseløping og styrketrening ser ut til å gi effekt på tverrsnittsarealet i forskjellige deler av akillessenen og patellarsenen. Langdistanseløpere har større tverrsnittsareal på den distale delen av akillessenen enn styrkeutøvere, mens styrkeutøvere har større tverrsnittsareal på den proximale delen av patellarsenen i denne studien.

LITTERATURLISTE

Abe T, Kumagai K, Brechue WF, Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners, *Med Sci Sports Exerc.*, 2000 Jun; 32(6):1125-9

Arampatzis A, Karamanidis K, Albracht K, Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude, *The Journal of Experimental Biology*, 2007, 210; 2743-2753

Arampatzis A, De Monte G, Karamanidis K, Morey-Klapsing G, Stafilidis S, Bruggemann GP, Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy, *The Journal of Experimental Biology*, 2006, 209; 3345-3357

Arampatzis A, Karamanidis K, Morey-Klapsing G, De Monte G, Stafilidis S, Mechanical properties of the triceps surae tendon and aponeurosis in relation to intensity of sport activity, *Journ Biomech*, 2007, 40(9); 1946-52

Bissas AI, Havenetidis K, The use of various strength-power tests as predictors of sprint running performance, 2008, *J Sports Med Phys Fitness*, Mar;48(1):49-54

Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, Van Soest AJ, Why is countermovement jump height greater than squat jump height?, *Med Sci Sports Exerc*, 1996, 28(11); 1402-12

Dahl HA, Rinvik E, *Menneskets funksjonelle anatomi*, Cappelen Akademiske Forlag, 1999, 1.utgave, 4.opplag 2004

Eloranta V, Influence of sports background on leg muscle coordination in vertical jumps, *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 2003, 43(3):141-56

Impellizzeri FM, Bizzini M, Rampinini E, Cereda F, Maffiuletti NA, Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer, 2008, *Clin Physiol Funct Imaging*, Mar;28(2):113-9. Epub Dec 7.

Orri JC, Darden GF, Technical report: Reliability and validity of the iSAM 9000 isokinetic dynamometer, 2008, *J Strength Cond Res*, Jan; 22(1):310-7

Kongsgaard M, Reitelsheder S, Pedersen TG, Holm L, Aagard P, Kjær M, Magnusson SP, Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training, *Acta Physiol*, 2007, 191(2); 111-121

Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T, Effects of different duration isometric contractions on tendon elasticity in human quadriceps muscles, *J. Physiol*, 2001, 536; 649-655

Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Tsunoda N, Sato Y, Ishii N, Kanehisa H, Fukunaga T, Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon, *Jour Appl Biomechanics*, 2006, 22; 112-119

Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Tsunoda N, Kanehisa H, Fukunaga T, Influences of tendon stiffness, joint stiffness, and electromyographic activity on jump performances using single joint, *Eur J Appl Physiol*, 2007, 99; 235-243

Kubo K, Yata H, Kanehisa H, Fukunaga T, Effects of isometric squat training on the tendon stiffness and jump performance, *Eur J Appl Physiol*, 2006, 96; 305-314

Lichtwark GA, Wilson AM, Is Achilles tendon compliance optimised for maximum muscle efficiency during locomotion?, *Journal of Biomechanics*, 2007, 40, 1768-1775

Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U, Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer, 2007, *Clin Physiol Funct Imaging*, Nov;27(6):346-53

Magnusson SP, Kjær M, Region-specific differences in Achilles tendon cross-sectional area in runners and non-runners, *Eur J Appl Physiol.*, 2003, Nov;90(5-6):549-53

McArdle WD, Katch FI, Katch VL, *Exercise physiology*, 6.edition, 2007

McCleary RW, Andersen JC, Test-retest reliability of reciprocal isokinetic knee extension and flexion peak torque measurements, 1992, *J Athl Train*, 27(4):362-365

Moss CL, Wright PT, Comparison of three methods of assessing muscle strength and imbalance ratios of the knee, 1993, *J Athl Train.*, Spring; 28(1):55-58.

Muraoka T, Muramatsu T, Fukunaga T, Kanehisa H, Elastic properties of human Achilles tendon are correlated to muscle strength, *J Appl Physiol*, 2005, 99; 665-669

Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H, Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol*, 1999 May; 86(5):1527-33.

Raastad T, *IBI211 arbeidsfysiologi, muskelstyrke*, 2.utgave, NIH, 2005

Rassier DE, Lee EJ, Herzog W, Modulation of passive force in single skeletal muscle fibres, *Biol Lett*, 2005 Sep 22;1(3):342-5

Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN, Myotendinous plasticity to ageing and resistance exercise in humans, *Exp Physiol*, 2006, 91; 483-498

Roberts TJ, The integrated function of muscles and tendons during locomotion, *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 2002 Dec; 133(4):1087-99

Seynnes OR, De Boer M, Narici MV, Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training, *J Appl Physiol*, 2007 Jan;102(1):368-73. Epub, 2006, Oct 19

Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML, The effects of plyometric training on distance running performance, *Eur J Appl Physiol*, 2003, 89; 1-7

Stafilidis S, Arampatzis A, Muscle – tendon unit mechanical and morphological properties and sprint performance, *Journ Sport Sci*, 2007, 25(9); 1035-1046

Street G, McMillan S, Board W, Rasmussen M, Heneghan JM, Sources In Error in Determining Countermovement Jump Height With the Impulse Method, *Jour Appl Biom.* 2001, 17, 43-54

Viidik A, Danielson CC, Oxlund H, Fourth International Congress of Biorheology Symposium on Mechanical Properties of Living Tissues: On fundamental and phenomenological models, structure and mechanical properties of collagen, elastic and glycosaminoglykan complexes. *Biorheology* 1982; 19: 437

Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R, The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans, *Sports Med*, 2007, 37(3):225-64

Westh E, Kongsgaard M, Bojsen-Moller J, Aagard P, Hansen M, Kjær M, Magnusson SP, Effects of habitual exercise on the structural and mechanical properties of human tendon, in vivo, in men and women, *Scand J Med Sci Sport*, 2008, 18; 23-30

Woo SLY, An KN, Arnoczky DVM, Fithian D, Myers B, Anatomy, biology and biomechanics of the tendon, ligament and meniscus, In S.R. Simom (ed), *Orthopedic Basic Science*, 1994 Rosemont, IL:AAOS

VEDLEGG

Vedlegg 1: Informasjonsskriv til forsøkspersonene.



NORGES IDRETTSHØGSKOLE

Forespørsel om deltagelse som forsøksperson i studien

”Muskel og sene samspill hos idrettsutøvere med ulike krav til muskel og senesystemet i beina”

Hensikt med studien:

Formålet med denne tverrsnittstudien er å studere samspillet mellom sener og muskler hos tre forskjellige grupper av idrettsutøvere der kravene til muskelstyrke og senestyrke er forskjellige. I studien vil vi også prøve å belyse sammenhengen mellom musklene og senenes strukturelle og mekaniske egenskaper, og relatere dette til de arbeidskravene som stilles i den idretten du driver.

Gjennomføring av prosjektet:

De tre ulike grupper av idrettsutøvere vil undersøke er i) utøvere i eksplosiv/spenst idretter (høydehopp, tresteg, lengdehopp), langdistanseløpere/langrennsløpere, og utøvere i styrke/muskelvolum idretter (styrkeløft, vektløfting, kroppsbygging). Hver gruppe vil igjen deles i to kategorier; eldre/erfarne utøvere og unge/mindre erfarne utøvere. Vi skal rekruttere 20 personer til hver av de tre gruppene, hvorav ca halvparten er i eldre/erfarne gruppen og den andre halvparten i ung/mindre erfaren gruppe.

Testene du vil gjennomgå er testing av muskelstyrke over kne- og ankelledd (dynamisk og isometrisk), hurtighet (40m sprint), spensthopp på kraftplattform, måling av benfjærstivhet under hopp og løp på kraftplattform, måling av senefjærstivhet under en gradvis økende isometrisk kontraksjon, samt måling av muskeltverrsnitt og sene tverrsnitt i MR³. Muskel og senesystemet som vil bli undersøkt er knestrekkerne med patellarsenen, og leggmuskulaturen med akillessenen.

Beskrivelse av testene

Muskelstyrke:

Muskelstyrke vil bli målt på knestrekkerne og på leggmusklene. Vi vil bruke et dynamometer (REV9000, TechnoGym, Italia) for å måle både dynamisk (med bevegelse i kne og ankelledd) og isometrisk (med låst kne og ankelledd) muskelstyrke.

Vi vil også måle hvor raskt kraften stiger under maksimal isometrisk testene. Etter en standardisert oppvarming (5 min på ergometersykkel og submaksimale kontraksjoner), vil du utføre en maksimal isometrisk kontraksjon på 5 sekunder der du blir instruert i å komme opp i maksimal kraft så hurtig som mulig.

Hurtighet:

Hurtighetstesten vil bli gjennomført som 40 meter sprinttest med fotocellemålinger av mellomtider hver 5.meter. Etter en oppvarming på ca. 15 min får du 3-4 forsøk. Testen foregår innendørs.

Spenst:

³ Magnetisk resonanstomografi; du ligget i en magnetisk felt i en trommel der skjellett og bløtvev visualiseres.

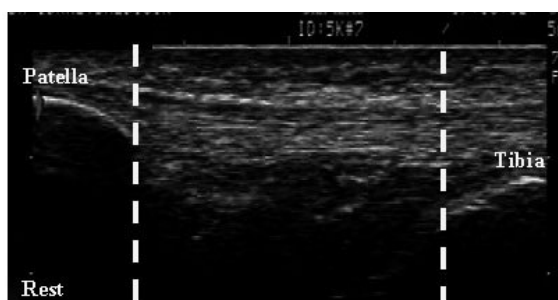
Spentstestene vil bli gjennomført på kraftplattform umiddelbart etter hurtighetstesten. Spent vil bli målt ved to forskjellige hopp fra gulvet; knebøyhopp og svikthopp. I tillegg blir det gjennomført fallhopp fra 30 cm og 60 cm. Det blir gjennomført 3-5 hopp på hver hopptype og det beste resultatet blir gjeldende.

Fjærstivhet i beinas strekkapparat:

Fjærstivhet i strekkapparatet blir målt under hopp og løp på en kraftplattform (SG-9, Advanced Mechanical Technologies Inc., USA) og med såler som inneholder kraftceller (Pedar-x System, Novel_{gmbh}, Tyskland) som vi plasserer i skoene. Kraften blir målt i kraftplattformen og med sålene, deretter blir fjærstivhet kalkulert ut ifra din kroppssvekt og tyngdepunktets forflytting i kontaktfasen; ”*hvor mye presses du sammen i hver landing*”. Disse bergningene gjøres i kontinuerlig hopping på begge bein og for hopping på høyre og venstre bein i 30 sekunder. Du vil hoppe med en høy frekvens hvor du bare skal så vidt klarere fra underlaget. Deretter vil kraften bli målt med sålene når du løper på en tredemølle med en fart på 3,0, 4,0 og 5,0 m/s.

Fjærstivhet i patellarsenen:

Måling av ”senefjærstivhet” gjøres med ultralyd ved å måle forlengningen av senen under isometrisk kraftutvikling. Disse målingene gjøres i dynamometeret på samme måte som under de isometriske styrketestene, men i tillegg ”filmes” senen under kontraksjonen med et ultralydapparat slik at vi kan måle hvor mye senen forlenges etter hvert som kraften i kontraksjonen øker (se figur).



Oppsett for måling av patellarsenens fjærstivhet. Ved hjelp av et ultralydapparat filmes senen mens du utvikler kraft i knestrekke. Ved å se hvor mye senen forlenges ved en gitt kraft i knestrekke kan vi beregne fjærstivheten i senen.

Tverrsnittsareal av lår- og leggmuskler og de tilhørende senene:

Muskeltverrsnitt over begge lår og legger samt tykkelse av patellarsenen og akillessenen måles i en MR maskin (magnetisk resonanstomografi). Du vil i denne undersøkelsen ligge på ryggen i 2*10 min i en magnettrommel.

Fordeler og ulemper ved å delta:

Testing av styrke medfører tung fysisk belastning. Hver deltager vil bare måtte testes én gang i hver test, men du må møte til tilvenning før selve testen. Vi vil prøve så godt som mulig å legge tidspunktet for testene til rette for deg. Du vil få mulighet til å gjennomgå en del tester som en vanligvis ikke får anledning til.

Etter at alle data er samlet inn og analysert (mai 2008) vil du få tilbud om å delta på et informasjonsmøte hvor vi vil gå igjennom resultatene fra prosjektet. Du vil da få mulighet til

å sammenligne dine resultater med gjennomsnittsverdiene for de tre gruppene som blir undersøkt.

Det er frivillig å delta og du kan når som helst trekke deg fra prosjektet uten videre begrunnelse. Det vil ikke få noen konsekvenser for ditt forhold til skole eller idrettsaktivitet om du trekker deg fra prosjektet. Ønsker du å trekke deg kan du be om å få utlevert eller slettet alle opplysninger som er lagret om deg. Alle data vil bli kodet før de blir lagt inn i en database. Denne databasen og alle lagrede opplysninger om deg vil bli slettet etter 10 år (2019).

Dersom det er noen spørsmål, ta kontakt med Nicolas Merieau på tlf 95141120

Hvis du etter å ha lest informasjonsskrivet ønsker å være med som forsøksperson eller er interessert i mer informasjon, ber vi deg kontakte oss og du vil få nærmere beskjed om informasjonsmøte.

Vennlig hilsen

Truls Raastad (91368896)
1.amanuensis
Norges Idrettshøgskole

Nicolas Merieau
Masterstudent
Norges Idrettshøgskole

Kontakt: Nicolas: tlf 95141120 (nicolas.merieau@student.nih.no)

Samtykkeerklæring

Jeg bekrefter med dette at jeg har lest informasjonsskrivet ”*Samspillet mellom sener og muskler hos idrettsutøvere med ulike krav til muskel og senesystemet i beina*” og at jeg ønsker å delta i prosjektet som forsøksperson.

Sted _____ Dato: ___/___-2007 _____
(Underskrift)