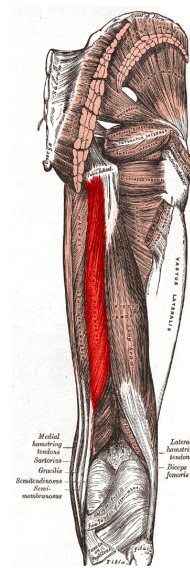


**Neuromuskulær aktivitet i hasemusklerne under udvalgte træningsøvelser
til forebyggelse af forreste korsbåndsskader hos kvindelige
eliteidrætsudøvere**

Et kvantitativt deskriptivt studie baseret på EMG målinger

**Neuromuscular activity in hamstrings during selected exercises for
prevention of anterior cruciate ligament injuries in elite female athletes**

A quantitative descriptive study based on EMG measurements



Professionsbachelorprojekt januar 2010

Fysioterapeutuddannelsen, Professionshøjskolen Metropol

Udarbejdet af: Tanja Lærke Jensen, Maria Højland Petersen og Tine Cederkvist Viskær, 7. semester.

Vejleder: Inger Birthe Bjørnlund, Lektor, MPH, Fysioterapeut.

Ekstern vejleder: Mette K. Zebis, Cand. scient, Ph.D.

“Dette projekt er udarbejdet af studerende ved Fysioterapeutuddannelsen, Professionshøjskolen Metropol. Projektet er udarbejdet som et led i et uddannelsesforløb, og det foreligger urettet og ukommenteret fra uddannelsens side, og er således et udtryk for de studerendes egne synspunkter“.

“Denne opgave – eller dele heraf – må kun offentliggøres med de studerendes tilladelse, jf. cirkulære af juli 1973, bekendtgørelse af lov om ophavsret af 11. marts 1997“.

Antal tegn uden mellemrum: 70.181

Abstrakt

Neuromuskulær aktivitet i hasemusklerne under udvalgte træningsøvelser til forebyggelse af forreste korsbåndskader hos kvindelige eliteidrætsudøvere *Et kvantitativt, deskriptivt studie baseret på EMG målinger*

Forfattere: Maria Højland Petersen, Tanja Lærke Jensen, Tine Cederkvist Viskær

Intern vejleder: Inger Birthe Bjørnlund, Lektor, MPH, Fysioterapeut

Ekstern vejleder: Mette Zebis, Cand.scient, Ph.D.

Fysioterapeutuddannelsen, Professionshøjskolen Metropol

Professionsbachelorprojekt: januar 2010

Kontaktperson: Maria Højland Petersen, mail: Maria_hoejland@hotmail.com

Baggrund: Håndbold og fodbold er udbredte idrætsgrene i Danmark. ACL-skader forekommer ofte i disse idrætsgrene, især hos kvinder. Det er blevet påvist, at neuromuskulære træningsprogrammer kan nedsætte incidensen og/eller modificere risikofaktorerne af ACL-skader. Mange anvendte forebyggende og rehabiliterende øvelser er baseret på "best practice". Der er derfor behov for øvelsesvalidering for at specificere de neuromuskulære træningsprogrammer.

Formål: At undersøge muskelaktiveringen i m. semitendinosus og m. biceps femoris under 8 udvalgte træningsøvelser med henblik på forebyggelse og rehabilitering af ACL-skader.

Materiale og metode: 16 kvindelige elitehåndbold- og fodboldspillere ($22,8 \pm 2,6$ år) uden tidligere alvorlige knæskader udførte 4 styrkeøvelser og 4 funktionelle øvelser. Overflade-EMG blev imens målt på m. semitendinosus og m. biceps femoris. MVIC for hasemusklerne blev udført i isokinetisk dynamometer, og knæ- og hoftedsvinkler blev opsamlet ved hjælp af electromagnetic motion-tracking.

Resultater: Det højeste peak EMG af MVIC for m. semitendinosus blev målt i kettlebell (115 %) og tæppeflis (98 %). For m. biceps femoris blev det højeste peak EMG målt i tæppeflis (121 %). Differencen i muskelaktiveringen mellem m. semitendinosus og m. biceps femoris var signifikant i kettlebell ($p = 0.0091$), dødløft ($p = 0.0441$) og tæppeflis ($p = 0.0062$).

Konklusion: Kettlebell havde det højeste peak EMG af m. semitendinosus og var signifikant bedre til at aktivere m. semitendinosus end de resterende øvelser. Tæppeflis havde det højeste peak EMG af m. biceps femoris. Kettlebell og dødløft kan betegnes som m. semitendinosus-dominante øvelser og tæppeflis som m. biceps-dominant.

Perspektivering: Der bør i fremtiden foretages interventionsstudier med de testede øvelser for at teste deres skadesnedsættende effekt. Kettlebell bør testes separat med hensyn til dens evne til at øge muskelstyrken i m. semitendinosus samt dens evne til at øge m. semitendinosus' aktivering i funktionelle situationer.

Nøgleord: ACL, semitendinosus, elektromyografi, neuromuskulær træning, forebyggelse.

Abstract

Neuromuscular activity in hamstrings during selected exercises for prevention of anterior cruciate ligament injuries in elite female athletes *A quantitative descriptive study based on EMG measurements*

Authors: Maria Højland Petersen, Tanja Lærke Jensen, Tine Cederkvist Viskær

Internal supervisor: Inger Birthe Bjørnlund, Lector, MPH, Physiotherapist

External supervisor: Mette Zebis, Cand.Scient, Ph.D.

University College Metropol, Faculty of Physiotherapy Copenhagen

Bachelor degree project: January 2010

Contact: Maria Højland Petersen, mail: Maria_hoejland@hotmail.com

Background: Handball and soccer are widespread sports in Denmark. ACL injuries occur frequently in these sports, especially in women. Neuromuscular training programs have been shown to reduce the incidence of ACL injuries and/or modify risk factors. Many commonly applied preventive and rehabilitative exercises are based on “best practice”. There is therefore a need for validation of exercises in order to specialize the neuromuscular training programs.

Purpose: To examine muscle activation of the m. semitendinosus and m. biceps femoris in 8 selected exercises for prevention and rehabilitation of ACL injuries.

Material and methods: 16 elite female handball and soccer players (22.8 ± 2.6 years) with no history of severe knee injuries performed 4 strength exercises and 4 functional exercises. During this performance, surface EMG of m. semitendinosus and m. biceps femoris was recorded. MVIC for hamstrings was performed in an isokinetic dynamometer, and knee and hip flexion angles were collected with electromagnetic motion tracking.

Results: The highest peak EMG of MVIC of the m. semitendinosus was recorded in kettlebell (115%) and supine leg curl (98%). The highest peak EMG for m. biceps femoris was recorded in supine leg curl (121%). The difference in muscle activation between the m. semitendinosus and m. biceps femoris was significant in kettlebell ($p = 0.0091$), Romanian deadlift ($p = 0.0441$), and supine leg curl ($p = 0.0062$).

Conclusion: Kettlebell had the highest peak EMG of m. semitendinosus and was significantly better at activating m. semitendinosus than the remaining exercises. Supine leg curl had the highest peak EMG of the m. biceps femoris. Kettlebell and Romanian deadlift can be described as m. semitendinosus-dominant exercises and supine leg curl as m. biceps-dominant.

Perspectives: In the future, the exercises in this study should be examined using intervention studies in order to test their ability to decrease the incidence of ACL injuries. Kettlebell should be tested separately regarding its ability to increase muscle strength in the m. semitendinosus and its ability to increase m. semitendinosus' activation during functional tasks.

Keywords: ACL, semitendinosus, electromyography, neuromuscular training, prevention.

Indholdsfortegnelse

Abstrakt	2
Abstract	3
Kolofon	6
Baggrund	6
Formål	10
Mål	10
Forskningsspørgsmål	10
Begrebsafklaring	11
Teori	13
M. semitendinosus	13
M. biceps femoris	14
Anterior cruciate ligament	14
Biomekanik i knæet med fokus på haserne og ACL	15
Skadesmekanisme	16
Neuromuskulær træning	18
<i>Styrketræning</i>	20
<i>Funktionel træning</i>	20
Materiale og metode	21
Videnskabsteori	21
Studiets design	22
Materiale	22
Projektforløbet	24
<i>Randomisering</i>	24
<i>Testprocedure</i>	25
Statistik	30
Litteratursøgning	31
Etik	32
Resultater	34
Hvordan aktiveres m. semitendinosus og m. biceps femoris caput longum i forhold til max EMG målt under en MVIC under de enkelte øvelser?	36
<i>M. semitendinosus peak EMG</i>	36

<i>M. biceps femoris peak EMG</i>	36
Hvordan aktiveres hasemuskulaturen medialt versus lateralt under de enkelte øvelser?	37
Er Kettlebell bedre til at aktivere ST end de 7 kendte øvelser?	38
Diskussion	39
Metodediskussion	39
<i>Studiets design</i>	39
<i>Ekstern og intern validitet</i>	39
<i>Materiale</i>	40
<i>Reliabilitet</i>	41
<i>BIAS</i>	41
<i>EMG</i>	42
<i>Trakstar</i>	43
Resultatdiskussion	44
<i>Diskussion af den neuromuskulære aktivitet i m. semitendinosus</i>	44
<i>Diskussion af den neuromuskulære aktivitet i m. biceps femoris caput longum</i>	46
<i>Diskussion af differencen i neuromuskulær aktivering af ST og BFcl</i>	47
Konklusion	48
Perspektivering	49
Litteraturliste	51
Bilagsfortegnelse	60

Kolofon

Projektet blev udbudt af Mette K. Zebis, cand.scient, ph.d., ved et større forskningscenter i København. I forlængelse af et tidligere studie på forskningscenteret, omkring betydningen af ST for ACL-skader, ønskes en analyse af styrkeøvelser og funktionelle øvelser med henblik på at beskrive muskelaktivering i m. semitendinosus og m. biceps femoris.

Baggrund

Overrivning af det forreste korsbånd (*anterior cruciate ligament* – dette vil fremover benævnes *ACL* i opgaven) i knæet er en af de alvorligste knæskader, man kan pådrage sig (Krogsgaard, 2002). Skaden sker hyppigt i idrætsgrene som håndbold og fodbold. Kvinder har en markant øget risiko, i forhold til mænd, for at pådrage sig en ACL-skade, men skadesrisikoen og skadesfrekvensen kan nedsættes markant med forebyggende træning.

Håndbold og fodbold udgør to af de største idrætsgrene for kvinder og piger i Danmark. I alt 128.860 piger og kvinder dyrker disse to sportsgrene (Danmarks Idræts-Forbund, 2009). Der er flere karakteristiske fællestræk ved håndbold og fodbold. Begge sportsgrene er intervalprægede, indbefatter stor fysisk kontakt og indeholder mange elementer af finter, landinger, retningsskift, tempoændringer og nærkampe (Bangsbo, 1994; Michalsik, 2010). Det samlede antal idrætsskader i både kvindehåndbold og fodbold er højt. Ifølge Statens Institut for Folkesundhed (Ulykkesregistret, SDU, 2009) er der op mod 34.000 skadestuehenvendelser årligt på grund af sportsulykker i fodbold og håndbold. Af det totale antal idrætsskader i kvindehåndbold og fodbold udgør knæskader hhv. 14 % og 16 % (Jørgensen, 2007), og en af de alvorligste knæskader er overrivning af ACL. I alt sker der i Danmark ca. 2000-2500 ACL-skader, hvoraf langt hovedparten sker i forbindelse med sportsudøvelse (Krogsgaard, 2002). Det vurderes, at incidensraten er højest på eliteniveau med 0,82 ACL-skader/1000 spil-time (træning+kamp) (Renstrom et al., 2008).

I Danmark foretages der årligt ca. 2000 ACL-rekonstruktioner (Lind, Menhert, & Pedersen, 2009). En ACL-skade er forbundet med store omkostninger for såvel den skadede spiller som for samfundet, da den er både alvorlig og kan være invaliderende (Olsen, Myklebust, Engebretsen & Bahr, 2004). En beregning i Norge viser, at hver ACL-skade koster samfundet 500.000 – 1 million norske kroner i fravær fra arbejde/idræt, operation, sygehusophold, rehabilitering og eventuel senere invalideerstatning (Myklebust & Risberg, 2002).

Rehabiliteringsforløbet er langt og det kan tage op til 6-12 måneder at blive klar efter en skade (Krogsgaard, 2002). For eliteidrætsudøvere gælder, at kun ca. 50 % kan vende tilbage til samme niveau som før skaden (Krogsgaard, 2002). På længere sigt øges risikoen for osteoartrose med op til 10-15 gange (Krogsgaard, 2002).

Fysioterapeuter arbejder ofte tæt sammen med trænere og spillere ude i håndbold- og fodboldklubberne, og er en vigtig brik i indsatsen mod skader – både forebyggende og i rehabiliteringsforløbet. Fysioterapeutens fokus er på behandling og forebyggelse af skader for dermed at øge spillernes mulighed for udfoldelse. Fysioterapeuten er uddannet til at lave en biomekanisk analyse af udøverens bevægestrategier og på baggrund af denne planlægge en relevant intervention. Fysioterapeuter har derfor, med deres viden, en central placering og vigtig rolle at udfylde i indsatsen mod skadesforebyggelse og rehabilitering.

ACL-skader i håndbold og fodbold kan opstå under direkte kontakt med en modstander eller uden kontakt. Skaden sker ofte i forbindelse med retningsskift eller i en landing, hvor spillerens fod står fast i underlaget imens knæet, i næsten fuld ekstension, tvinges i valgus og ind-/udadrotation af tibia (Alentorn-Geli et al., 2009a; Olsen et al., 2004; Krogsgaard, 2002). En stor procentdel, 70-95 %, af alle ACL-skader er non-kontaktskader, hvor spilleren er alene i skadesøjeblikket (Alentorn-Geli et al., 2009a; Olsen et al., 2004). Skaden sker oftere i kamp end i træning (Alentorn-Geli et al. 2009a; Myklebust, Maehlum, Engebretsen, Strand & Solheim, 1997).

Risikoen for at pådrage sig en ACL-skade er 2-8 gange større for kvinder end for mænd (Alentorn-Geli, 2009a; Carlsson, 2004; Krogsgaard, 2002; Renstrom et al., 2008). Dette kan skyldes forskelle i den grundlæggende fysiologi mellem mænd og kvinder, som ikke står til at ændre. Meget tyder dog på, at den primære forskel skal findes i kvinders neuromuskulære strategier. Flere studier har vist, at kvinder har en tendens til at lande på mere strakte knæ samt udvikle et større valgusmoment under retningsskift og landing (Alentorn-Geli et al., 2009a; Hewett et al., 2005). Hewett et al. (2005) undersøgte i et studie valgusmomentet i forbindelse med et dropjump og fandt, at der var en sammenhæng mellem stort valgusmoment og øget risiko for ACL-skade. Derudover viste EMG-målinger under et dropjump i samme studie, at kvinder, der lander i valgusstilling, har en øget muskelaktivitet i m. biceps femoris caput longum (*dette vil fremover benævnes BFcl i opgaven*), hvilket kan øge den dynamiske

valgiserings og dermed stresset på den mediale side af knæet (Hewett et al., 2005). Ligeledes fandt Palmieri-Smith, Wojtys og Ashton-Miller (2008), at dynamisk valgus efter et hop fremad var associeret med øget præaktivitet i m. vastus lateralis og BFcl. Hvis øget præaktivitet i musklerne på den laterale side af låret øger den dynamiske valgus, må et balanceret forhold mellem den mediale og laterale del være nødvendigt for at kontrollere den dynamiske valgus. Her spiller m. semitendinosus (*dette vil fremover benævnes ST i opgaven*) muligvis en stor rolle for at undgå den dynamiske valgus og stresset på den mediale side af knæet (Wilderman, Ross & Padua, 2009; Zebis et al. 2008).

Under f.eks. en landing skabes der et stort fremadrettet træk på tibia i forhold til femur pga. tyngden og m. quadriceps' kræfter. For at forhindre fremadrettet træk er hasernes co-aktivering og deres agonistiske virkning for ACL essentiel (Ebstrup & Bojsen-Møller, 2000). Der er et synergistisk forhold mellem ACL og hasemuskulaturen. ACL skal i normale situationer modvirke fremadrettet træk af tibia i forhold til femur, men da skaden typisk opstår kort tid efter fodisæt (17-50 ms) (Krosshaug et al., 2007), kan det mekanoreceptoriske svar, der er med til at koordinere muskelfunktionen, ikke nå at respondere. Det er derimod sandsynligt, at der er andre faktorer, der spiller med i styringen af muskelfunktionen og ledbevægelsen – f.eks. afferent input fra ligamenter, muskler og sener samt tidligere erfaringer (Krogsgaard, Jakobsen, Tordrup, Kjær, Magnusson & Nielsen, 2006). Disse er formentlig vigtige i udviklingen af nye neuromuskulære mønstre (Zebis et al., 2008).

Inden for de seneste 5-10 år har der været et øget fokus på forebyggelse af ACL-skader (Alentorn-Geli et al. 2009b; Renstrom et al., 2008). Flere interventionsstudier er blevet gennemført, der primært har fokuseret på effekten af neuromuskulære træningsprogrammer¹ (Caraffa, Cerulli, Projetti, Aisa & Rizzo, 1996; Hewett et al., 1996; Myer, Ford, Palumbo & Hewett, 2005; Myklebust et al., 2003; Zebis et al., 2008; Wilderman et al., 2009). Alentorn-Geli et al. (2009b) har opdelt programmerne efter deres hovedfokus, som enten har været rettet mod at nedsætte incidensen af ACL-skader eller modificere de risikofaktorer, der er forbundet med ACL-skader. Der er endnu ikke udviklet et entydigt

¹ Neuromuskulære træningsprogrammer er træning rettet mod den neuromuskulære kontrol. Neuromuskulær kontrol defineres som den ubevidste aktivering af det dynamiske system, der omkranser et led, som respons på sensoriske stimuli. Det neuromuskulære system genererer bevægelse og afgør biomekanikken i spilsituationer (frit oversat efter Griffin et al. og Olsen et al. som refereret i Alentorn-Geli et al., 2009b, s. 713)

forebyggelsestræningsprogram, men det har været klart, at den største effekt er opnået med programmer, der indeholder flere af elementerne: dynamisk balance, proprioception, styrke, plyometrisk træning og funktionel træning (Alentorn-Geli et al. 2009b). De bagvedliggende mekanismer til hvorfor programmerne virker, eller hvad det er som ændres, er ikke fuldt klarlagt. Zebis et al. (2008) valgte derfor at kigge nærmere på de neuromuskulære adaptationer, der sker som følge af et neuromuskulært træningsprogram. De undersøgte muskelaktiviteten med EMG i benets muskulatur i forbindelse med et standardiseret retningsskift hos kvindelige elite fodbold- og håndboldspillere. Det gjorde de dels for at måle de neuromuskulære adaptationer som følge af en intervention med neuromuskulær træning (Zebis et al. 2008), og dels for at definere en risikogruppe på baggrund af en neuromuskulær screening (Zebis, Andersen, Bencke, Kjær & Aagaard, 2009). Zebis et al. (2008; 2009) fandt i studierne, at aktiviteten i ST i forbindelse med et retningsskift blev øget, som følge af træningen, samt at kvinder med en lav aktivering af ST var i en øget risiko for at få en ACL-skade.

Det, som endnu er uklart i forbindelse med forskningen indenfor ACL-forebyggelse, er effekten og vægtningen af de forskellige elementer i de neuromuskulære træningsprogrammer. Jo mere viden der bliver frembragt omkring almindelig anvendte forebyggende øvelser, jo mere specifikke kan vi blive i tilrettelæggelsen af træningsprogrammer. Ud fra Zebis et al.'s studier (2008; 2009) kunne det være interessant at differentiere imellem den laterale og mediale del af hasemuskulaturen og undersøge forskellige haseøvelsers aktivering af disse muskler, da neuromuskulær træning specielt øger muskelaktiviteten i ST.

Vi vil derfor med dette studie undersøge 7 kendte forebyggende/rehabiliterende øvelser og én - i forebyggelsesmæssige sammenhænge - ukendt øvelse med fokus på deres muskelaktivering af specielt ST og BFcl. Til udvælgelsen af øvelser har vi fået inspiration fra Myklebusts træningsprogram (Myklebust et al., 2003) samt fra øvelser, der ofte anvendes på klinikker, hospitaler og i idrætsklubberne til forebyggelse og rehabilitering af ACL-skader. Vores studie indgår som en del i et større studie, der vil benytte sig af overflade elektromyografi (*dette vil fremover benævnes EMG i opgaven*) til måling af lårets musklers aktivitet under forskellige øvelser. Studiet sigter mod at kunne validere disse øvelser.

De 7 kendte øvelser er hink frem, hink hen på måtte, hink medialt, dropjump, dødløft, nordic hamstring samt tæppeflis. Disse er alle øvelser, der bruges i praksis, både til forebyggelse og rehabilitering, samt er lette at anvende i klubberne.

Den nye øvelse i forebyggelsessammenhæng er kettlebell. Vi finder denne øvelse særlig interessant i forhold til ST, da det er en højhastighedsøvelse og udgangsstillingen giver ST gode arbejdsvilkår (længde-spændingsforhold). Kettlebell træning er desuden en træningsform, der er ved at vinde indpas i Danmark.

Formål

Formålet med dette studie er at undersøge muskelaktiveringen under en række almindeligt anvendte forebyggende træningsøvelser, således at det på sigt er muligt at udvælge de mest hensigtsmæssige øvelser til m. semitendinosus og m. biceps femoris caput longum i forbindelse med forebyggelse af ACL-skader. Vi ønsker at evaluere en ny og 7 kendte øvelser, som benyttes i forbindelse med forebyggelse og rehabilitering af ACL-skader.

Mål

Målet er at beskrive muskelaktiveringsmønstret for m. semitendinosus og m. biceps femoris caput longum under 8 udvalgte øvelser – 4 funktionelle øvelser (hink frem, hink hen på måtte, hink medialt og dropjump) og 4 styrkeøvelser (dødløft, nordic hamstring, tæppeflis og kettlebell).

Forskningsspørgsmål

1. Hvordan aktiveres m. semitendinosus og m. biceps femoris caput longum i forhold til max EMG målt under en maksimal volontær isometrisk kontraktion under de enkelte øvelser?
2. Hvordan aktiveres hasemuskulaturen medialt versus lateralt under de enkelte øvelser?
3. Er kettlebell bedre til at aktivere m. semitendinosus end de 7 kendte øvelser?

Begrebsafklaring

Kettlebell: Kettlebell Swing (*dette vil fremover benævnes kettlebell i opgaven*) er en øvelse, hvor der svinges med en 12 eller 16 kg tung jernkugle med håndtag. Øvelsen stammer fra en specifik træningsform, der oprindeligt blev brugt til fysisk træning i det russiske militær.

EMG: Elektromyografi. En undersøgelsesmetode til måling af udbredningen af aktionspotentialer i musklen. Metoden anvendes som et udtryk for musklernes aktivering, hvilket betyder, at jo højere EMG-signalet er, jo større er muskelaktiveringen (Farina, Merletti & Enoka, 2004; Jensen, 2007).

ACL-skade: Total eller partiel ruptur af det anteriore cruciate ligament.

Forebyggelse: Handling, aktivitet, proces eller foranstaltning, som ophæver eller formindsker risikoen for fremtidig ACL-skade. Skadesforebyggelse skelnes fra skadesbehandling, som drejer sig om at helbrede eller lindre følgerne af skade. Omfatter øvelser for at bedre bevægelighed, stabilitet, styrke og koordination.

Rehabilitering: Genoptræning samt tilpasninger, der kan hjælpe idrætsudøveren til at genvinde tabte færdigheder efter en ACL-skade. Omfatter øvelser for at bedre bevægelighed, stabilitet, styrke og koordination.

Funktionelle øvelser: Øvelser, der fokuserer på de bevægemønstre, der naturligt indgår i idrætsgrenen f.eks. retningsskift, hop, hink eller landing. De involverer typisk flere led og muskler.

Styrkeøvelser: Træningsøvelser, der aktiverer musklen $\geq 60\%$ af 1 RM (Fry, 2004).

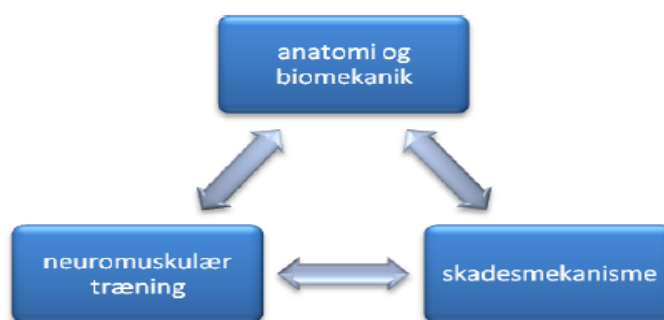
M. biceps femoris caput longum (BFcl): Det lange hoved af m. biceps femoris, beliggende lateralt og superficielt på bagsiden af låret, der virker både over hofte- og knæleddet. Overflade EMG måles på m. biceps femoris caput longum pga. dens superficielle beliggenhed.

M. semitendinosus (ST): Den overfladiske mediale hasemuskel. Overflade EMG måles på denne muskel pga. dens superficielle beliggenhed i forhold til m. semimembranosus.

Maksimal volontær isometrisk kontraktion: *Maximal Voluntary Isometric Contraction* – dette vil fremover benævnes MVIC i opgaven. Metode til måling af det maksimale peak EMG en muskel kan producere under en kontraktion, hvor musklen arbejder mod en ubevægelig genstand (Mosby, 2009).

Teori

Med udgangspunkt i ST, BFcl samt ACL's anatomi og biomekanik vil der i dette afsnit blive gennemgået, hvilke faktorer, der gør sig gældende, når en ACL-skade opstår. Ud fra skadesmekanismen og med baggrund i den forskning der findes på området, vil vi derefter beskrive, neuromuskulære træningsprogrammers forebyggende virkning på ACL-skader (figur 1).



Figur 1. Cirkulært sammenspil mellem den bagvedliggende anatomi og biomekanik, skadesmekanismen for ACL og den forebyggende træning i form af neuromuskulær træning. Alle elementerne påvirker hinanden.

M. semitendinosus

ST udgør, sammen med m. semimembranosus, den mediale del af lårets bagerste muskelgruppe (se figur 2). Den er biartikulær og udspringer fra tuber ischiadicum med en tyk sene, som den deler med BFcl. Musklen dækkes proximalt af m. gluteus maximus, men er ellers beliggende superficielt. Den består, foruden sin muskelbug, af en lang sene, som på sin vej distalt følger en fure i m. semimembranosus og insererer sig som en del af pes anserinus med udbredning proximalt på facies medialis tibiae (Bojsen-Møller, 2006). ST's funktion består således i at ekstendere, indadrottere og adducere hoften, samt flekttere og indadrottere i knæet (Bojsen-Møller, 2006).

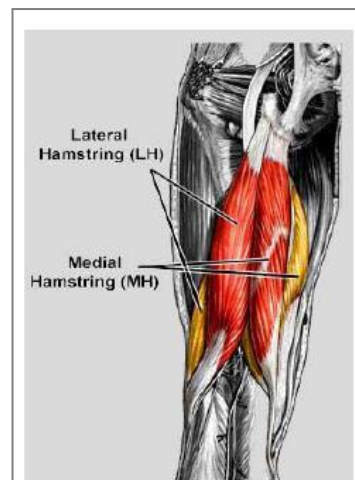
ST adskiller sig markant fra de andre hasemuskler ved at være opbygget med færre, men længere fibre, der ligger parallelt (Bojsen-Møller, 2006; Makihara, Nishino, Fukubayashi & Kanamori, 2006). Konsekvensen heraf er, at muskler som ST, der har lange fibre, kan kontrahere sig over en længere afstand på den samme tid, som det tager en pennat muskel med korte fibre, f.eks. BFcl, at forkorte sig over en kortere afstand (Bojsen-Møller, 2006). ST's opbygning resulterer derfor i, at musklen er ideel til at kontrahere sig hurtigt (Lieber &

Bodine-Fowler, 1993). Derudover viste et studie af Higashihara, Ono, Koboca & Fukubayashi (2009), at BFcl's EMG-amplitude faldt signifikant, når knæet nærmede sig ekstension, hvorimod EMG-aktiviteten i ST forblev konstant. De mente, at dette kunne skyldes musklernes forskellige opbygning.

M. biceps femoris

M. biceps femoris, herunder caput longum et caput breve, har et unipennat forløb med korte, skråtforløbende fibre (Bojsen-Møller, 2006; Makihara et al., 2006). Den er beliggende tæt op ad ST og udgør den laterale del af baglårets muskelgruppe (figur 2). Den består som nævnt af to hoveder, der udspringer fra hver sit sted. BFcl tager sit udspring fra tuber ischiadicum sammen med ST, hvorimod m. biceps femoris caput breve starter sit forløb fra labium laterale lineae asperae og septum intermusculare laterale. De to hoveder mødes distalt på baglåret for herefter, via en samlet sene, at løbe mod sin insertion på caput fibulae via den posterolaterale del af knæleddet (Bojsen-Møller, 2006). Som følge af denne beliggenhed bliver BFcl's funktion således at ekstendere, adducere og udadrottere hoften, samt flektare og udadrottere crus (Bojsen-Møller, 2006).

BFcl's unipennate opbygning med korte, men mange fibre gør, at dens forudsætninger for at udvikle stor kraft er bedre end ST's. Dette skyldes, at antallet af fibre er proportionelt med kraftudviklingen. Dette kommer også til udtryk, hvis man ser på BFcl og ST i forhold til force-velocity relationen. ST kontraherer sig hurtigt og kan derfor ikke nå at udvikle lige så stor kraft som BFcl, der kontraherer sig langsommere (Lieber & Bodine-Fowler, 1993).



Figur 2. Figuren illustrerer m. biceps femoris caput longum og m. semitendinosus' beliggenhed posteriort på låret. LH: m. biceps femoris caput longum et breve. MH: m. semitendinosus og m. semimembranosus.

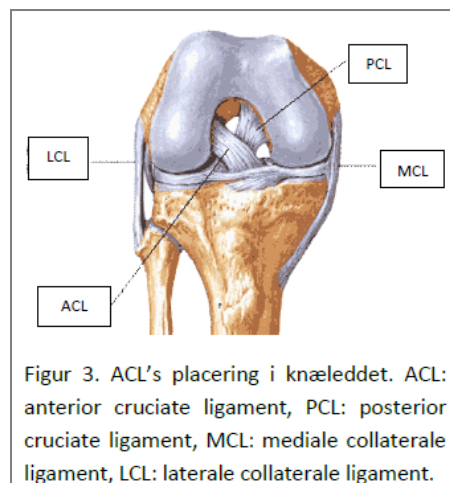
Anterior cruciate ligament

ACL er det forreste af de to korsbånd, der er beliggende intraartikulært i knæleddet (figur 3). Det strækker sig fra area intercondylaris anterior, mellem forhornene på de to meniscis, til tæt ved den bageste rand på indersiden af den laterale femurcondyl. ACL forløber således skråt opad, bagud og lateralt fra sin tilhæftning på tibia (Bojsen-Møller, 2006). Fibrene i ACL drejer sig under sit forløb 90 grader og fæstner sig vifteformet i begge ender. ACL måler ca. 4

cm i længden og 11 mm i diameter. Det består af ca. 90 % type-1 kollagen og har en trækstyrke på omkring 200 kg, hvilket svarer til 2000 N² (Krogsgaard, 2002).

ACL står for over 85 % af stabiliteten forrest i knæleddet (Krogsgaard, 2002). Det forhindrer primært fremadrettet træk på tibia i forhold til femur i alle grader af fleksion. Sekundært til dette hindrer det tibia i at rotere samt at bevæge sig sideværts (Krogsgaard, 2002). Den vifteformede tilhæftning på både tibia og femur medfører, at ACL spændes gradvist i yderstillinger (Bojsen-Møller, 2006). Den anteromediale del af ligamentet udspændes hovedsagelig omkring de 90 graders fleksion, hvorimod den posterolaterale del især udspændes ved ekstension (Krogsgaard, 2002).

ACL er på overfladen og i enderne forsynet med mekanoreceptorer. Receptorerne reagerer på tryk, træk og acceleration (Krogsgaard, 2002). Deres funktion er, at informere central nervesystemet (*dette vil fremover benævnes CNS i opgaven*) om differencen imellem den spænding CNS forventer, og den egentlige spænding ACL registrerer (Bojsen-Møller, 2006). Stimuleres ACL's sensoriske nervetråde, fremkaldes en reflektorisk kontraktion af haserne. Latenstiden på refleksen er dog så lang, at den ikke kan beskytte ACL mod ruptur under akut belastning (Dyhre-Poulsen & Krogsgaard, 2000).



Figur 3. ACL's placering i knæleddet. ACL: anterior cruciate ligament, PCL: posterior cruciate ligament, MCL: mediale collaterale ligament, LCL: laterale collaterale ligament.

Biomekanik i knæet med fokus på haserne og ACL

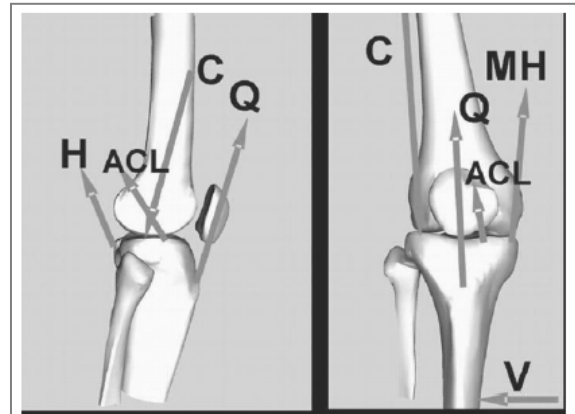
For at bevægelse i knæet kan foretages glidende og uden risiko for at overrive eller beskadige ACL, skal belastningen afbalanceres af de omkringliggende muskler (Krogsgaard, 2002).

Når knæet er flekteret, i f.eks. en landing, skaber tyngden og m. quadriceps et fremadrettet træk på tibia i forhold til femur. Dette modvirkes af co-kontraktion i haserne, som skaber en bagudrettet kraft på tibia (figur 4). Forskellen mellem den fremadrettede og den bagudrettede kraft bliver absorberet i knæets støttestrukturer, heriblandt ACL (Ebstrup & Bojsen-Møller, 2000). Co-aktiveringen af m. quadriceps og haserne forhindrer desuden knæet i at valgiser (Besier, Lloyd & Ackland, 2003).

² 1 kg = 9,82 N $\approx$ 10 N (Newton).

M. quadriceps kan opfattes som en antagonist til ACL, da den kan belaste dette igennem hele knæets bevægebane. Der ses især øget spænding i ACL fra 0-30 graders knæfleksion, hvoraf den højeste spænding ses ved 15 grader pga. kontraktion af m. quadriceps (Olsen et al., 2004).

Når ST aktiveres, bliver det mediale ledkammer i knæet komprimeret, hvilket formodes at modvirke valgus og nedsætte stress på ACL. Dette gør potentielt ST til den vigtigste ACL agonist (Zebis et al., 2009).



Figur 4. ACL og musklernes påvirkning på knæet, set fra siden (venstre billede) og forfra (højre billede). H: hase-musklerne, ACL: anterior cruciate ligament, C: kompression af femur og tibia, Q: m. quadriceps, MH: mediale haser (m. semiten-dinosus og m. semimembranosus), V: valgusmoment (Hewett et al., 2005, s.499).

Skadesmekanisme

Skader på ACL forekommer 2-8 gange hyppigere hos kvinder (Alenton-Geli et al., 2009a; Carlsson, 2004). Det står stadig uklart, præcis hvorfor kvinder er mere udsat end mænd, men forskningen viser, at forklaringen formentlig skal findes i de neuromuskulære forskelle kønnene imellem (Hewett et al., 2005).

ACL-skader kan forekomme ved direkte kontakt med en anden person, eller i situationer uden kontakt til andre, nonkontakt situationer (Krogsgaard, 2002). Hos kvinder opstår skaden almindeligvis i nonkontakt spilsituationer, der indebærer retningsskift, landing eller bevægelser med deceleration (Hewett et al., 2005; Olsen et al., 2004). Et studie af Krosshaug et al. (2007) estimerede ACL-skaden til at ske 17 til 50 ms efter fodens kontakt med underlaget.

På trods af at skaden opstår i forskellige spilsituationer, er det ofte de samme faktorer, der gør sig gældende i selve skadesøjeblikket. Disse består af kraftig valgisering, knæet er nær fuld ekstension, foden er fikseret i gulvet, imens kroppen fortsætter sin drejning, kombineret med ind-/udadrotation af tibia. ACL-skaden opstår ofte som en kombination af en eller flere af disse faktorer (Krogsgaard, 2002; Olsen et al., 2004).

Under afsæt, landing og retningsskift udsættes standbenet for en belastning, der er væsentlig større end personens kropsvægt. Dette bevirker, at der opstår store friktionskræfter imellem foden og gulvet, og foden bliver derfor i en brøkdel af et sekund ude af stand til at flytte sig

og står fast i underlaget. Rotationen, der normalt ville foregå imellem fod og gulv, og som er nødvendig for at kunne udføre et retningsskift, flyttes til knæleddet. Knæleddet befinder sig under afsæt, landing og retningsskift i en udsat position, da det er flekteret. I flekteret tilstand og med foden fikseret kan femur rotere både indad og udad. Ved dyskoordination eller træthed i musklerne omkring knæleddet kan spændingen på ACL øges og dermed risikoen for ruptur (Ebstrup & Bojsen-Møller, 2000).

Flere studier har undersøgt eliteidrætsudøveres neuromuskulære kontrol for at kunne definere, hvilke risikofaktorer der spiller ind, samt hvem der er i forhøjet risiko for at pådrage sig en ACL-skade. Da der ligger flere forskellige årsager til grund for ACL-skadens opståen, er der således også flere faktorer, der gør sig gældende, når en risikogruppe skal defineres.

Den stilling, knæet befinder sig i under afsæt og landing og retningsskift, er afgørende for, hvilken belastning leddet udsættes for (Besier, Lloyd, Ackland & Cochrane, 2001; Hewett et al., 2005). Belastningen på knæet øges f.eks. ved lateral forskydning af truncus, under uforudsete retningsskift og ved dynamisk valgisering under landing (Besier et al., 2001; Hewett, Torg & Boden, 2009; Hewett et al., 2005). Dette kan medføre forhøjede valgusvinkler og -momenter, samt forhøjet indad-/ udadrotationsmoment (Besier et al., 2001; Hewett et al., 2005). Dette kan skyldes, den tid CNS har til at planlægge bevægelsen. Ved uforudsete retningsskift er CNS' reaktionstid således betydeligt reduceret i forhold til ved de forudsete retningsskift. Den manglende tid til f.eks. at placere foden hensigtsmæssigt i forhold til kroppen medfører de øgede momenter i knæet, der i sidste ende fører til en forhøjet risiko for skader (Besier et al., 2001).

Forholdet imellem den mediale og den laterale haserekuttering synes, at have stor betydning for at kunne kontrollere den dynamiske valgus, samt belastningen på knæet i øvrigt (Hewett et al., 2005; Zebis et al., 2008). Hewett et al. (2005) viste, at dynamisk valgus var disponerende for ACL-skader og at kvinder, der landede med øget valgus udviste øget muskelaktivitet i BFcl. Palmiere-Smith et al.'s (2008) studie understøttede dette, da de i deres forsøg fandt, at der var sammenhæng imellem dynamisk valgus og øget præaktivitet i m. vastus lateralis og BFcl. Ydermere viste et studie af Zebis et al. (2009), at nedsat præaktivering af ST kombineret med øget præaktivering af m. vastus lateralis under et retningsskift var disponerende for at få en ACL-skade.

Neuromuskulær træning

Mængden af interventionsstudier, der omhandler ACL-skader, er vokset sammen med kvaliteten af studierne. Tidligere har forskningen mest været rettet mod rehabilitering af ACL-skader, hvorimod fokus nu primært er på forebyggelse (Alentorn-Geli et al., 2009b). Hovedparten af studierne er udført på kvinder og kun få er lavet på mænd. Alentorn-Geli et al. (2009b) har opdelt interventionsprogrammerne alt efter deres hovedfokus, hvilket enten var rettet mod at nedsætte incidensen af nonkontakt ACL-skader eller mod at modificere risikofaktorerne.

Flere studier har vist, at neuromuskulære træningsprogrammer virker forebyggende på ACL-skader bl.a. Myklebust et al. (2003) og Caraffa et al. (1996). Disse var store interventionsstudier, med henholdsvis 850 og 600 deltagere, der strakte sig over tre sæsoner i henholdsvis håndbold og fodbold. Myklebust et al.'s (2003) studie undersøgte et træningsprogram, som indeholdte øvelser på gulv, vippebræt og balancemåtte. Det havde fokus på at forbedre bevidstheden og knækontrollen under stand, retningsskift, hop og landing. Studiet testede spillere fra de 3 bedste divisioner i Norge. Der var generelt lav compliance i studiet, men i særdeleshed fra de lavere rangerede divisioner. I elitedivisionen fuldførte 50 % af spillerne træningsprogrammet, hvorimod kun 29 % gennemførte samlet set i de tre divisioner. Træningsprogrammet medførte en signifikant reduktion af ACL-skader i elitedivisionen ($p=0,01$), men ikke i de lavere divisioner. Det totale antal af nonkontaktskader i de tre divisioner faldt signifikant fra 18 nonkontaktskader i kontrolsæsonen til 7 skader i 2. interventionssæson ($p=0,04$). Dette viser, at større træningsmængde giver bedre effekt af den neuromuskulære træning. Caraffa et al. (1996) undersøgte effekten af et proprioceptivt træningsprogram. Dette studie viste et signifikant fald i incidensen af ACL-skader. Incidensen hos kontrolgruppen var på 1,15 skade pr. hold pr. sæson efter de tre sæsoner, hvorimod den lå på 0,15 hos interventionsgruppen. Proprioceptiv træning viste således at have stor effekt hos fodboldspillere.

Andre studier, f.eks. Hewett et al. (1995) og Myer et al. (2005), har beskæftiget sig med træningsprogrammer rettet mod specifikke risikofaktorer for ACL-skader, for at se om disse kunne ændres. Hewett et al. (1996) og Myer et al.'s (2005) træningsprogrammer var omfattende og strakte sig over 6 uger. Hewett et al. (1996) undersøgte effekten af et træningsprogram på kvinders landingskræfter, momenter og muskelstyrke. Programmet

bestod af strækøvelser, plyometriske øvelser og styrketræning. Her fandt de bl.a. at programmet nedsatte peak landingskræfter³ samt varus-/ valgusmomentet for knæet. Myer et al.'s (2005) program bestod af plyometrisk- og bevægelsestræning, styrketræning af trunci samt balance-, styrke- og hurtighedstræning. De fandt bl.a. en forøget fleksion-ekstensions ROM under landing fra dropjump, samt at træningen nedsatte varus-/ valgusmomentet i knæet.

De ovennævnte studier viser således, at neuromuskulær træning har en effekt på både at nedsætte incidens og risikofaktorer for ACL-skader. En mangel indenfor dette forskningsområde, og i forhold til disse studier, er dog at præcisere hvilke fysiologiske og biomekaniske parametre, der ændres som følge af træningsinterventionen og derfor fører til reduktionen af ACL-skader. Nogle af de nyeste studier indenfor området har derfor rettet deres fokus mod dette. Zebis et al. (2008) og Wilderman et al. (2009) udførte træningsinterventioner på henholdsvis fodbold-/ håndboldspillere og basketballspillere. Begge studier undersøgte de biomekaniske faktorer under et standardiseret retningsskift før og efter træningsforløbet. Zebis et al. (2008) lavede et to-års studie, der viste, at prælading og landingsaktiviteten i ST blev øget som følge af en modificeret udgave af Myklebusts neuromuskulære træningsprogram igennem en hel sæson. Man kan derfor formode, at den øgede ST-aktivitet nedsatte risikoen for dynamisk valgus og dermed risikoen for ACL-skader. ST's fremtrædende betydning understøttes af Wilderman et al (2009), som fandt, at muskelaktiviteten i den mediale hasemuskelgruppe under et retningsskift blev øget efter et 6 ugers funktionelt træningsprogram. Begge disse studiers træningsprogrammer forsøger at modificere de neuromuskulære aktiveringsmønstre, der gør at man lander med knæet nær fuld ekstension samt i dynamisk valgus.

De neuromuskulære træningsprogrammer, der ligger til grund for interventionsstudierne indeholder mange forskellige elementer f.eks. styrketræning, plyometrisk træning, dynamisk

³ Den kraft en person påvirker jorden med under en landing efter hop, og som påvirker personen tilbage med den samme kraft.

balance og funktionel træning. Vi vil her prøve at beskrive to af disse elementer, som vores valg af øvelser falder ind under: styrketræning og funktionel træning.

Styrketræning

For at opnå en effektiv styrkeforøgelse skal øvelsesintensiteten være mindst 60 % af 1 RM (Kraemer et al., 2002). Der er dog observeret styrkeadaptationer i træningsstudier, hvor intensiteten har været mellem 40-95 % af 1 RM (Fry, 2004). Man kan derfor formode, at øvelser med en neuromuskulær aktivering på mindst 40-60 % af 1 RM kan stimulere til muskelstyrke adaptationer (Andersen et al., 2006). Der er et dosis-respons forhold imellem intensiteten af øvelsen og graden af muskelstyrkeadaptation, dvs. at de største forøgelser af maksimal muskelstyrke fremkommer ved styrketræning med de relativt største belastninger (Fry, 2004).

Tung styrketræning stimulerer til et højt niveau af neuromuskulær aktivitet, hvilket over tid medfører muskelhypertrofi samt øget muskelstyrke og neuralt drive. Efter en knæskade ses ofte nedsat central aktivering og muskelatrofi. Rehabiliteringsøvelser skal derfor stimulere til muskelhypertrofi og øget neuralt drive til muskelfibre, og tung styrketræning bør derfor indgå som en del af rehabilitering (Andersen et al., 2006; Fry, 2004).

Funktionel træning

Når man har opnået en styrkefremgang efter isoleret styrketræning, kan denne nødvendigvis ikke overføres direkte til de komplicerede, sammensatte idrætsbevægelser. Det er derfor vigtigt, at man sideløbende med styrketræning laver funktionel træning. Man vil herved kunne anvende den øgede styrke, herunder den maksimale neurale aktivering af muskulaturen, som er opnået under tung styrketræning, i mere sammensatte idrætsbevægelser. Funktionel træning kan bl.a. bestå af plyometriske øvelser som dropjump eller af idrætsslignende bevægelser f.eks. hop og et bens landinger (Bojsen-Møller et al., 2006).

Materiale og metode

I dette afsnit beskrives projektets forløb, design, materialet – herunder inklusions- og eksklusionskriterier, samt metoderne vi har benyttet i studiet. Yderligere beskrives databearbejdningen og statistikmetoden, samt der redegøres for vores etiske overvejelser i forbindelse med projektet. Afsnittet er baseret på vores del af det store projekt.

Videnskabsteori

Vi har baseret vores studie på følgende paradigmer, da vores studie er kvantitativt. Studiet tager udgangspunkt i den nomotetiske videnskab, da vi ønsker at generalisere, f.eks. hvilke øvelser der aktiverer ST bedst.

I sundhedsvæsenet har videnskaben fået en langt større betydning end for år tilbage. Videnskabens mål er, at vi i vores praksis handler ud fra det, der er sandt, og ikke ud fra det vi tror eller mener. Vi er desuden, som fysioterapeuter, underlagt krav om løbende at følge udviklingen og tilegne os ny viden, så praksis bliver evidensbaseret (Birkler, 2005; Danske Fysioterapeuter, 2009a).

Der findes tre forklaringstyper, årsagsforklaringer, funktionalistiske forklaringer og formålsforklaringer. Årsagsforklaringen er den mest grundlæggende og er idealet inden for videnskab. Den prøver at forklare fænomener ud fra de bagvedliggende årsager. Årsagsforklaring dominerer især inden for naturvidenskaben (Birkler, 2005).

Logistisk positivisme, også kaldet logistisk empirisme, er grundlaget for den naturvidenskabelige forskningsretning. Den logistiske positivisme forholder sig til det positive, hvilket vil sige, det som kan observeres i virkeligheden. Virkeligheden skal beskrives og forklares objektivt uden et subjektivt præg. Nøgleordene i denne stræben efter objektivitet er målbarhed, kvantificering af objekter i undersøgelsen, analyse og syntese, årsagssammenhænge samt verificerbarhed. Der er først tale om verificerbarhed, når det videnskabelige resultat kan reproducere af andre personer, på et andet tidspunkt og et andet sted. Dette kaldes intersubjektiv kontrol (Birkler, 2005). Vi kan opnå videnskabelig objektivisme eller intersubjektivitet, hvis andre forskere kan reproducere vores studie samt resultater. Dette er årsagen til standardiseringen i vores forsøg, f.eks. i forhold til elektrodepåsætning samt øvelsesinstruktioner.

I sundhedsvidenskaben skelnes mellem idiografisk og nomotetisk videnskab. Den idiografiske videnskab forsøger ikke at generalisere, men at beskrive enkeltstående hændelser og fænomener ud fra deres særegne beskaffenhed. Viden herfra er baseret på forhold, der ikke kan gentages i tid og rum. Modsætningen, nomotetisk videnskab, ønsker derimod at finde generaliseringer og lovmæssigheder, der kan forklare fænomenet, der undersøges (Birkler, 2005).

Studiets design

Projektet er et deskriptivt kvantitativt studie. Vores projekt er, som tidligere nævnt, en del af et større projekt på et forskningscenter i København. I alt er der 14 øvelser med i studiet, hvor vi, inden testningen blev påbegyndt, udvalgte 8, som vi evaluerer på. De 7 af øvelserne er kendt fra praksis, og en øvelse, kettlebell, er en ny i forebyggelsessammenhæng. Hovedformålet er at beskrive muskelaktiveringen i ST og BFcl under 4 udvalgte styrkeøvelser og 4 funktionelle øvelser hos 16 (n=16) kvindelige elite håndbold- og fodboldspillere. Øvelserne er blevet udført i randomiseret rækkefølge.

Vores data blev opsamlet med overflade EMG elektroder (Neuroline 720 01-K, Medicotest A/S, Ølstykke, Danmark) og sensorer (3D Guidance Trakstar) på venstre underekstremitet under udførelse af øvelserne. MVIC for hasemusklene blev udført fremliggende i et isokinetisk dynamometer (Biodex, system 3.0) med en knæledsvinkel på 45 grader.

Materiale

For at rekruttere forsøgspersoner ringede vi til trænere i 1. divisions- og ligaklubber for håndbold og 3F-liga klubber for fodbold i Region Hovedstaden. Vi slog op på Dansk Boldspil-Union (2009), Dansk Håndbold Forbund (2009) samt Infosports (2009) hjemmesider for at finde ud af hvilke hold, der var repræsenteret i disse rækker. Spillere fra to håndbold- og to fodboldklubber ønskede at deltage.

- Inklusionskriterier:

- Kvindelige elite håndbold- og fodboldspillere over 18 år
- Spilleniveau skal være 3F-ligaen for fodbold og 1. division eller ligaen for håndbold
- Skadesfri i venstre underekstremitet på testtidspunkt

- *Eksklusionskriterier:*

- Alvorlige knæskader i venstre knæ, f.eks. ligament- og meniskskader
- Skader i venstre underekstremitet inden for det sidste år
- Ingen anden træning før forsøget på testdagen

I alt meldte 30 personer sig til forsøget. Der blev ekskluderet 2 spillere pga. skader, 11 sprang fra og 1 spillers data kunne ikke bruges pga. fejl i opsamlingen. Vores endelige materiale bestod af 16 spillere ($n = 16$) med en gennemsnitsalder på 22,8 ($\pm 2,6$) år, højde 170,2 ($\pm 6,4$) cm og vægt 66,2 ($\pm 7,4$) kg. De havde i gennemsnit spillet håndbold og fodbold i 15,6 ($\pm 4,1$) år samt styrketrænet i 5,4 ($\pm 2,4$) år. De træner 4,7 ($\pm 0,7$) gange om ugen inkl. kamp og styrketræner derudover 1,5 ($\pm 0,5$) gange om ugen.

For yderligere information om stamdata se nedenstående tabel 1 og bilag 1.

Tabel 1. Forsøgspersonernes stamdata - gennemsnit (mean) og standarddeviation (SD).

	Alder (år)	Højde (cm)	Vægt (kg)	Spilleår fod-/ håndbold	Styrke- træning (år)	Træning pr. uge inkl. kamp	styrke- træning pr. uge	skudarm/ -ben (antal høl/ ve)	Idræts-gren (antal fodbold/ håndbold)
mean	22,8	170,2	66,2	15,6	5,4	4,7	1,5	14	9
($\pm$ SD)	($\pm 2,6$)	($\pm 6,4$)	($\pm 7,4$)	($\pm 4,1$)	($\pm 2,4$)	($\pm 0,7$)	($\pm 0,5$)	2	7

Projektforløbet

Elementerne i vores projektilrettelæggelse og forløb er præsenteret i figur 5 og vil blive uddybet nærmere i de følgende afsnit.



Figur 5. Flowchart over projektforløbet.

Randomisering

Der blev udarbejdet fire forskellige rækkefølger af øvelserne. Til randomiseringen delte vi øvelserne op i fire blokke (tabel 2). I blokkene var der så vidt muligt skiftevis en hård og en mildere øvelse. Disse blokke blev rykket cirkulært rundt, så der blev fire forskellige rækkefølger med øvelser (bilag 2). Der blev lagt fem af hver øvelsesrækkefølge i 20 lukkede uigennemsigtige konvolutter. Efter alle øvelserne var udført, skulle testpersonen vurdere graden af udmattelse i venstre hasemusklér ud fra Borg-skalaen (Danske Fysioterapeuter,

2009b). Dette for at sikre, at testpersonen ikke var blevet udtrættet i de sidste øvelser, hvilket kunne have påvirket præstationen og derved resultaterne. Den selvoplevede udmattelsesgrad var i gennemsnittet 2,5 ($\pm 1,1$), hvilket svarer til en svag til moderat udmattelse.

Tabel 2. Skema over de fire øvelsesblokke. **Blå øvelser** er med i vores projekt. (*) Ved de øvelser vi betragter som milde.

Blok 1	Blok 2	Blok 3	Blok 4
Bækkenløft*	Hofteekstension uden vægt*	Nordic Hamstring	Hink sidelæns*
Liggende legcurl koncentrisk (i biodex)	Hofteekstension vægt	Hink frem og tilbage*	Siddende legcurl koncentrisk (i biodex)
Liggende legcurl excentrisk (i biodex)	Dødløft	Kettlebell	Siddende legcurl excentrisk (i biodex)
	Hinkeserie (hink hen på måtte, hink ned på måtte, dropjump)*		Tæppeflis øvelser*

Testprocedure

Forsøget foregik på forskningscenteret, hvor vi fik stillet laboratorium og øvelsesudstyr til rådighed. Inden forsøget havde vi udarbejdet en computer-, biodex- samt testprotokol (bilag 3-5). Vi afprøvede udstyret, opsatte den bedst mulige øvelsesopstilling i lokalet, udførte pilotforsøg og øvede os i EMG elektrodepåsætning, hvorved vi fik erfaring med udstyret.

Testproceduren bestod af to dele, en introgang og en testgang. På introdagen tog vi ud i klubberne, eller spillerne kom ind på forskningscenteret, hvor de blev instrueret i øvelserne. De var således bekendt med øvelserne til testgangen. Spillerne fik et informationsbrev (bilag 6), forsøgspersoners rettigheder (bilag 7) og en samtykkeerklæring (bilag 8). Yderligere talte vi med de spillere, der var tvivlsomme til forsøget grundet skader. Skaderne blev skrevet ned, og spillerne blev kontaktet angående mulighed for deltagelse. På testdagen trak forsøgspersonen en konvolut med øvelsesrækkefølgen. EMG elektroder samt sensorer blev påsat. Opvarmning (bilag 6, under testprotokol), MVIC (bilag 9) og selve øvelserne blev udført. Til slut svarede testpersonen på graden af udmattelse i venstre underekstremitets hasemusklér ud fra Borg-skalaen, samt et spørgeskema (bilag 10). Forsøget tog i alt 2 timer pr. person. På testdagene havde vi en klar rollefordeling, så alle vidste, hvad de skulle hvornår. Dette blev gjort bl.a. for at minimere systematiske bias (Beyer & Magnusson, 2003). Øvelsesinstruktionerne var standardiserede, hvorved alle fik de samme instruktioner (bilag

11). Efter instruktionen måtte testpersonen dog gerne stille spørgsmål til øvelsen. Vi fejlrrettede forsøgspersonen, samt gav verbal opbakning under øvelserne. For nærmere beskrivelse af testprotokol, se bilag 6.

De 8 øvelsers udgangsstilling og udførelse er beskrevet i figur 6. De funktionelle øvelser står først, derefter de tre styrkeøvelser og til slut den nye styrkeøvelse, kettlebell. For uddybende øvelsesbeskrivelse se bilag 12.

1. Hink frem		<u>Udgangsstilling:</u> Stå på venstre ben ved krydset på gulvet. <u>Udførelse:</u> Hink frem mod markeringen, land nede i knæ, med knæ og tæer i samme retning og find balancen. Bliv stående i 3 sek. Land hver gang på venstre ben og find balancen. x3 godkendte forsøg.
2. Hink hen på måtte		<u>Udgangsstilling:</u> Stå på venstre ben ved krydset på gulvet. <u>Udførelse:</u> Hink hen på airex balancepuden. Land på venstre ben, nede i knæ, med knæ og tæer i samme retning og find balancen. Bliv stående i 3 sek. x1 godkendt.
3. Dropjump		<u>Udgangsstilling:</u> Stå på kassen på venstre ben med tæerne ud til kanten. <u>Udførelse:</u> Hop herfra ned og land på venstre ben på airex balancepuden og hop med det samme så højt som muligt lige op i luften. Land igen på airex balancepuden nede i knæ og find balancen. Knæ og tæer skal pege i samme retning. Bliv stående i 3 sek. x1 godkendt.
4. Hink medialt		<u>Udgangsstilling:</u> Stå på venstre ben på krydset længst til venstre. <u>Udførelse:</u> Hink til højre. Land nede i knæ på krydset, med knæ og tæer i samme retning og find balancen. Bliv stående i 3 sek. x3 godkendte.

5. tæppeflis



Udgangsstilling: Rygliggende med armene ned langs siden. Venstre fod placeres på en tæppeflis. Bækkenet løftes fra gulvet, så hoften er strakt. Bækkenet holdes stabilt, så der er en vandret linie mellem SIAS gennem hele øvelsen. Højre ben holdes parallelt med venstre lår. Udførelse: Venstre ben strækkes og bøjes så meget som muligt. x1 godkendt.

6. Nordic hamstring



Udgangsstilling: Knæstående på en airex balancepude med håndfladerne fremadvendt udfor skuldrene. Projektansvarlig fikserer underbenene. Ankelleddet er dorsalflekteret. Udførelse: Læn dig langsomt fremover i et jævnt tempo. Hold igen ved at bruge muskulaturen på bagsiden af låret. Igennem hele øvelsen holdes ryggen ret og hoften strakt. Tag imod med armene på gulvet, når du ikke længere kan holde igen. Vend tilbage til udgangsstillingen. x3 godkendte forsøg.

7. Dødløft



Udgangsstilling: Stå med fødderne i hoftebredde og hold ryggen ret. Projektansvarlig 1 og 2 løfter vægtstangen op til forsøgspersonen. Hold vægtstangen tæt ind til kroppen. Udførelse: Fra udgangsstillingen føres vægtstangen roligt ned langs lårene mod gulvet ved at bøje i hoften. Bibehold den rette stilling i ryggen under hele udførelsen ved udelukkende at lade bevægelsen ske omkring hoften. Hold så vidt muligt knæene strakte. Når man ikke kan komme længere ned ved korrekt udførelse, vendes hurtigt og kontrolleret tilbage til udgangsstillingen. x3 godkendte forsøg.

8. Kettlebell



Udgangsstilling: Stå med fødderne i skulderbredde, tæerne pegende lige frem og med kettlebell'en foran fødderne. Ryggen holdes ret, knæene bøjes, der tages fat med begge hænder i overhåndsgreb i kettlebell'en og den løftes op. Stå i oprejst stilling. Udførelse: Ryggen holdes ret, hoften bøjes og kettlebell'en presses bagud mellem benene. Herfra spændes i balderne, så hoften skydes eksplosivt frem og kettlebell'en svinges opad/fremad. Armene er strakte og er afslappede. Knæ- og hofteled er strakt i denne position. Når kettlebell'en er på vej ned og er nede ved knæene, bøjes hoften, og kettlebell'en svinges ind mellem dem. Vendingen foretages eksplosivt. 2x8 sving, som er godkendte.

Figur 6. Øvelsesbeskrivelse.

Bestemmelse af belastning

På introdagen målte vi spillernes hinkelængder og nedspringshøjder og fandt derved frem til den længde og højde, som de skulle hinke og hoppe til forsøget. Vi fastsatte en længde og nedspringshøjde alle kunne udføre med kvalitet i øvelsen. Kassens højde i dropjump var 37,5 cm og afstanden mellem kassen og airex balancepuden var 30 cm. I hink hen på måtte var afstanden mellem tåspids og airex balancepuden 70 cm. Afstanden mellem krydsene i hink frem og hink medialt var ligeledes 70 cm. Under opvarmning på testdagen vurderede vi forsøgspersonernes 12 RM i dødløft. De startede med en vægtstang på 15,8 kg, 20,8 kg eller 25,8 kg, alt efter hvor hård, de synes, den havde været til introdagen. Herfra satte vi ekstra kilo på for hver 3. gentagelse, i alt 3 gange, så vi fandt deres ca. 12 RM. I opvarmningen vurderede vi også, om testpersonen skulle testes med 12 eller 16 kg i kettlebell, alt efter deres teknik og styrke.

Dataindsamling

EMG

Vores data blev indsamlet med overflade EMG, hvilket måler den elektriske aktivitet, der genereres i musklerne under en kontraktion (Jensen, 2007). Overflade-EMG er non-invasiv og kan opsamle aktionspotentialer over en stor del af musklen. Man kan derved måle mange motoriske enheders elektriske aktivitet (Jensen, 2007). Den normaliserede EMG amplitude refereres ofte til som ”graden af neuromuskulær aktivering” (Andersen et al., 2006). Overflade EMG anvendes især til kinesnologiske studier med muskelbevægelse. Metoden er ofte anvendt inden for flere af fysioterapeutens fagområder, f.eks. arbejdsmiljø og idrætsfysioterapi (Konrad, 2005).

Elektrodepåsætning

Elektroderne blev placeret på ST og BFcl (figur 7). Vi brugte forskrivningerne fra Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM), hvilket anbefales inden for forskning (SENIAM, 2009), samt muskelfremkaldelse. Dette for at sikre os, at elektroderne blev placeret på den aktive muskelbug under muskelkontraktion (Konrad, 2005). Vi markerede med sprittusch, der hvor elektroderne skulle sidde, hvorefter vi sprittede af (Ethanol 70 %), barberede, anvendte skrubbecreme indtil der fremkom let rødmen og sprittede af igen. Dette gjorde vi for at nedsætte modstanden mellem hud og elektroder

(Konrad, 2005). Vi valgte små elektroder samt at sætte elektroderne helt op af hinanden. Dette for at nedsætte crosstalk (Konrad, 2005). Crosstalk er uønskede signaler, der optages med overflade EMG over muskelen med elektroder på, men faktisk kommer fra omkringliggende muskler (Farina et al., 2004).

Vi anvendte elektroder med en bipolar elektrode konfiguration. Her bliver EMG-signalet opsamlet fra to elektroder, begge i forhold til reference-elektroden. Referenceelektroden blev placeret på tibia lige under tuberositas tibia, da denne skal sidde på elektrisk neutralt væv, f.eks. knogle. Elektroderne blev placeret på langs af fiberretningen pga. signalets udbredelsesretning (Grimshaw, Lees, Fowler & Boden, 2006) og til slut fastgjort yderligere med tape.



Figur 7. Elektroder-
nes placering på m.
biceps femoris caput
longum og m. semi-
tendinosus.

Vi udførte relevante muskelfremkaldelser for at se, om der var signal igennem til graferne på computeren og herved sikrer validiteten og kvaliteten af EMG-signalerne. Yderligere kontrollerede vi, at interelektrodemodstanden ikke var for stor. Denne blev målt med et voltmeter (Digital Multimeter DT-830B). Modstanden i nye forstærkere bør ikke overstige 50 k Ω (Grimshaw et al., 2006). Registrerede vi over 50 k Ω , blev elektroderne smidt ud. Huden blev endnu en gang skrubbet, sprittet af og et nyt elektrodepar blev sat på.

Bearbejdning af EMG

Analog-signalerne blev opsamlet. Signalerne passerede en forforstærker, dernæst blev de båndpasfiltreret i området 10-500 Hz, hvorefter de blev samlet med 1000 Hz (16 bit) og lagret i Spike dataopsamlingssystemet. Herefter begyndte analysen. De digitaliserede EMG-data blev højpasfiltreret med en 10 Hz afskæringsfrekvens, samt ensrettet og lavpasfiltreret uden faseforskydning med en afskæringsfrekvens på 2.2 Hz (dette svarer til et midlingsvindue på 200 ms). Perioderne, der er blevet analyseret, er intervallerne mellem triggertidspunkterne. I hver triggerperiode⁴ fandt vi maksimum af det ensrettede og filtrerede EMG signal. Gennemsnittet (mean) af peak EMG for hvert af de tre forsøg blev anvendt. Det normaliserede peak EMG er udtrykt som en procentdel af MVIC.

⁴ For hver øvelse blev der markeret med en trigger, hvornår øvelsen startede og sluttede. Triggerperioden er intervallet mellem triggertidspunkterne

Isokinetisk dynamometer

Den maksimale muskelkraft måles ofte som drejningsmoment ved en standardiseret kontraktionshastighed og ved en valgt ledvinkel, da den maksimale muskelkraft er afhængig af fysiologiske parametre såsom længde-spændingsrelationen og force-velocity relationen for muskelfibre. Dette kan gøres med et isokinetisk dynamometer (Simonsen, 2007). Moderne isokinetiske dynamometre kan teste en lemsdel ved forskellige hastigheder enten isokinetisk, isometrisk eller isotonisk (Grimshaw et al., 2006). Vi brugte Biodexen til at måle MVIC af haserne. Her var testpersonen fremliggende med hoftevinkel på 0 grader og knæledsvinklen indstillet på 45 grader, se figur 8.



Figur 8. Måling af maksimal volontær isometrisk kontraktion (MVIC).

Trakstar

Ledkinematik⁵ blev målt med en magnetisk tracking-enhed ”Trakstar” (model 3D Guidance Trakstar), som omfattede en elektronisk systemenhed, en transmitter, og 3 sensorer (model 800). Målingerne blev opsamlet med en frekvens på 33 Hz. Transmitteren var placeret på en holder af træ ved siden af testpersonen under øvelserne. De tre sensorer blev fastgjort på venstre underekstremitets SIAS, distalt lateralt på femur og på den proksimale del af fibula med dobbeltklæbende tape, samt ekstra fikseringstape. Hofte- og knæfleksionsvinkler blev beregnet ud fra en roterende matrix af de 3 sensorer. Der blev lavet en reference 0-måling, hvor forsøgspersonen stod i normal oprejst stilling i 5 sek. foran transmitteren.

Statistik

Vi har i denne opgave benyttet os af deskriptiv og analytisk statistik.

⁵ Leddets bevægelse uden relation til den masse og energi, der skaber bevægelsen. I opgaven udtrykt som ledvinkler.

Vi har anvendt deskriptiv statistik til at beskrive middelværdien⁶ og standarddeviationen for peak EMG samt knæ- og hoftelædvinkler i de enkelte øvelser. Middelværdien bruges til at vise den centrale tendens i datasættet, og standarddeviationen bruges til at beskrive fordelingsbredden af datasættet. Jo mindre fordelingsbredden er, jo tættere ligger stikprøvens data på middelværdien (Lund & Røgind, 2004). Vi får derved et billede af, hvordan vores data ser ud. I vores studie vil middelværdien for peak EMG fortælle os, hvor meget de enkelte øvelser aktiverer henholdsvis ST og BFcl.

Derudover har vi benyttet os af analytisk statistik for at kunne sige noget om forskellene mellem grupperne, muskler og øvelser. For at kunne sige noget om variationen indenfor grupperne og mellem grupperne, kan man foretage tosidet variansanalyse (*Analysis of Variance* – dette vil fremover benævnes ANOVA i opgaven), såfremt data er normalfordelt (Lund & Røgind, 2004). Der er foretaget en test af normalfordelingen med Shapiro-Wilk, som viser, at data er normalfordelt. Vi har brugt en tosidet ANOVA for at undersøge om variationen i peak EMG skyldes interaktionen mellem øvelser og/eller muskler. Derefter har vi udført post-hoc tests for at undersøge forskellen imellem middelværdierne for ST og BFcl i de enkelte øvelser. Dette har vi gjort for at kunne se, om der er en signifikant difference mellem ST og BFcl's middelværdi.

Den statistiske bearbejdning er foregået med statistikprogrammet SAS statistical software (SAS institute, Cary, NC, version 9.1).

Signifikansniveauet har vi i denne opgave sat til $p \leq 0,05$.

Litteratursøgning

Vores litteratur har vi fundet løbende under projektføreløbet. Vi har primært søgt litteratur på bibliotekets databaser på Professionshøjskolen Metropol. Der er blevet søgt systematisk på databasen PubMed.

Der er søgt på relevante emneord og forfattere, f.eks. *hamstring*, *"anterior cruciate ligament"*, *"neuromuscular training"* og *Hewett*. Enkelte emneord blev slået op i MeSH, for at få alle databasens fagtermer med, bl.a. *resistance exercises*. Yderligere har vi benyttet forskellige søgestrategier, såsom frasesøgning, trunkering samt boolske operatører (AND og OR) for at kombinere de forskellige emneord. Se eksempel på søgematrix i bilag 13.

⁶ Middelværdi er det samme som gennemsnit (på engelsk: mean).

Indledningsvis forsøgte vi at inddrage ”*physical therapy*” eller *physiotherapy* i søgningen, men disse satte forholdsvis store begrænsninger på søgeresultatet.

Vi har så vidt muligt anvendt den nyeste litteratur inden for området. Artikler af ældre dato blev også benyttet, hvis vi anså dem som relevante for vores studie, men kun i mindre omfang. Artiklerne vi har anvendt, har vi udvalgt ud fra titel og abstrakt. Da der er meget litteratur inden for vores område har vi, udover originalartikler, også anvendt review-artikler. Her har vi f.eks. fået et godt overblik over effekten af neuromuskulær træning.

Til at søge i tidsskrifter er Deff-net blevet benyttet, især til de store tidsskrifter. Yderligere er hjemmesider som www.fysio.dk og www.dansksportsmedicin.dk blevet brugt til at søge efter materiale, bl.a. Borg-skalaen.

Vores testpersoner var håndbold- og fodboldspillere, hvorfor vores litteratursøgninger også har været rettet mod denne målgruppe. Håndbold er dog ikke en særlig udbredt sport i USA og Australien, hvor der skrives mange artikler. Disse omhandler i stedet volley, fodbold, basket og amerikansk fodbold. Idrætsgrenene har håndboldlignende bevægelser såsom retningsskift, hop, landinger og decelerationer, og derfor er litteratur fra disse studier også blevet anvendt.

Yderligere har vi fået anbefalet artikler af forskerne på forskningscenteret, samt anvendt grunduddannelsens obligatoriske litteratur.

Etik

Ved videnskabelige forsøg vil der være en række etiske problemstillinger. Vores procedurer og metoder i studiet er i overensstemmelse med Helsinki-deklarationen (World Medical Association, 2008) samt Den Centrale Videnskabsetiske Komité (2008).

Den første kontakt vi tog var til trænerne i klubberne. Disse indvilgede i, at vi kom ud i klubberne og introducerede øvelserne. Spillerne blev her informeret mundtligt og skriftligt om projektets formål og omfang (bilag 7). Yderligere fik de udleveret ”Rettigheder for forsøgspersoner i et biovidenskabeligt forskningsprojekt” (bilag 8) og en samtykkeerklæring (bilag 9) fra Den Centrale Videnskabsetiske Komité. Naturligvis var der også mulighed for, at spillerne kunne stille uddybende spørgsmål. Herfra kunne de frivilligt melde sig til forsøget. De blev informeret om, at tilmeldingen ikke var bindende, så de kunne til hver en tid trække sig fra forsøget. Til testdagen medbragte de samtykkeerklæringen underskrevet.

Alle personlige data på forsøgspersonerne blev anonymiseret. Det er kun de projektansvarlige, der har adgang til dataene, og dataene forbliver på forskningscenteret. Ydermere har vi som projektansvarlige tavshedspligt.

Vi vurderer, at der ikke er nogen væsentlige risici ved at deltage i forsøget. Forsøgspersonerne er elite-idrætsudøvere og er derfor vant til at styrketræne, samt de fik instruktion, forevisning og prøveforsøg inden øvelserne. De funktionelle øvelser er relateret til deres idræt og er bevægelser, de kender herfra, f.eks. hop, hink og landing, men i vores forsøg er de mere standardiseret samt udføres i rolige omgivelser, uden modspillere og andre uforudsete forhindringer.

Deltagerne bidrager til forskning inden for deres idræt, hvilket kan komme dem selv og andre spillere til gode senere hen. Vi har aftalt med klubberne, at komme ud og fortælle om vores resultater efter projektets afslutning samt rådgive om, hvilke øvelser, der ville være gode at inddrage i træningen.

Resultater

I det følgende afsnit vil vi beskrive et udvalg af de resultater, der er fremkommet som følge af vores test. Grundet opgavens omfang har det ikke været muligt at kommentere på samtlige data. De beskrevne resultater er derfor udvalgt med henblik på at kunne besvare forskningsspørgsmålene. Forskningsspørgsmålene er medtaget som overskrifter for at vise, hvordan resultaterne er relateret dertil. I den følgende tabel (tabel 3) præsenteres værdierne for det gennemsnitlige (mean) peak EMG af MVIC og de samtidige knæ- og hoftelædvinkler. En ANOVA viste, at der var interaktion mellem muskler og øvelser da $p \leq 0,05$ ($p = 0,002$) (tabel 4). Efterfølgende har vi testet forskellen i peak EMG imellem de enkelte øvelser og muskler med en post-hoc test. De relevante fund er præsenteret i tabel 5 og 6.

Tabel 3. Mean peak EMG for ST og BFcl i hver øvelse samt gennemsnittet (mean) for knæ- og hoftelædvinkler registreret på tidspunktet for mean peak EMG.

Øvelse	muskul	n	mean peak EMG (%)		mean knæledsvinkel		mean hoftelædvinkel	
			peak	± SD	knæ _{mean}	± SD	hofte _{mean}	± SD
dropjump	BFcl	16	64	19	48	12	52	21
	ST	16	57	21	37	14	48	20
hink frem	BFcl	16	55	21	40	9	43	14
	ST	16	45	18	34	13	38	16
hink hen på måtte	BFcl	16	70	21	43	10	43	14
	ST	16	65	22	35	14	41	12
hink medalt	BFcl	16	57	23	44	12	52	16
	ST	16	44	19	39	10	50	14
dødløft	BFcl	15	56	20	22	8	90	15
	ST	15	73	32	22	8	90	16
kettlebell	BFcl	15	93	31	24	7	85	16
	ST	15	115	55	25	8	86	18
nordic hamstring	BFcl	15	91	21	73	15	24	8
	ST	15	82	23	76	9	23	7
tæppeflis	BFcl	16	121	33	41	22	16	10
	ST	16	98	20	53	22	18	7

Tabel 4. Test af interaktionen mellem øvelser og muskler for peak EMG.

Tosidet ANOVA (type: 'Tests of Fixed Effects')			
Effekt	DF	F-værdi	Pr > F
Øvelse	7	30.37	<.0001
Muskul	1	1.44	0.2319
Øvelse x muskul	7	3.36	0.0020*

* $p \leq 0,05$ ($p = 0,002$)

Tabel 5. Udvalgte test af differencen mellem henholdsvis ST's og BFcl's peak EMG for to forskellige øvelser.

Post-hoc test. (type: 'Differences of Least Squares Means')							
Effekt	Øvelse	Muskel	Øvelse	Muskel	Difference	t-værdi	Pr > t
Øvelse x muskel	ket	ST	tæe	ST	17	2.03	0.0435*
Øvelse x muskel	nor	ST	tæe	ST	8	-1.91	0.0570
Øvelse x muskel	død	ST	nor	ST	9	-0.98	0.3272
Øvelse x muskel	ket	BFcl	tæe	BFcl	-28	-3.36	0.0009*
Øvelse x muskel	ket	BFcl	nor	BFcl	9	0.14	0.8876
Øvelse x muskel	hih	BFcl	nor	BFcl	-21	-2.50	0.0133*

*p ≤ 0,05 (p(ket-tæe) = 0,0435), p(ket-tæe) = 0,0009, p(hih-nor) = 0,0133.

Ket = kettlebell, tæe = tæppflis, nor = nordic hamstring, død = dødløft, hih = hink hen på måtte.

Tabel 6. Test af differencen mellem ST og BFcl's peak EMG for hver øvelse.

Post-hoc test. (type: 'Differences of Least Squares Means')							
Effekt	Øvelse	Muskel	Øvelse	Muskel	Difference	t-værdi	Pr > t
Øvelse x muskel	tæe	BFcl	tæe	ST	-23	2.76	0.0062*
Øvelse x muskel	his	BFcl	his	ST	-14	1.65	0.0997
Øvelse x muskel	hft	BFcl	hft	ST	-10	1.24	0.2173
Øvelse x muskel	nor	BFcl	nor	ST	-10	1.11	0.2667
Øvelse x muskel	dro	BFcl	dro	ST	-7	0.84	0.4019
Øvelse x muskel	hih	BFcl	hih	ST	-5	0.60	0.5516
Øvelse x muskel	død	BFcl	død	ST	17	-2.02	0.0441*
Øvelse x muskel	ket	BFcl	ket	ST	23	-2.63	0.0091*

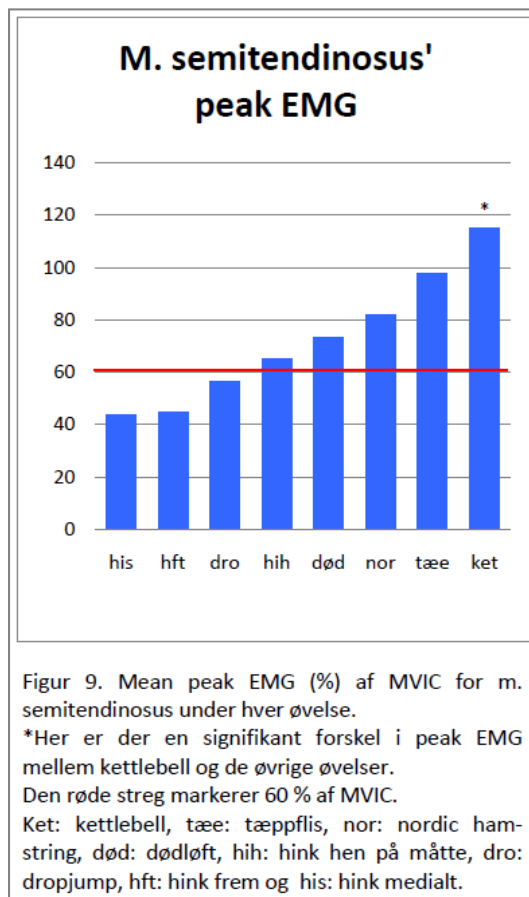
*p ≤ 0,05 (p(ket) = 0,0091, p(død) = 0,0441, p(tæe) = 0,0062).

Tæe = tæppflis, his = hink medalt, hft = hink frem, nor = nordic hamstring, dro = dropjump, hih = hink hen på måtte, død = dødløft, ket = kettlebell.

Hvordan aktiveres m. semitendinosus og m. biceps femoris caput longum i forhold til max EMG målt under en MVIC under de enkelte øvelser?

M. semitendinosus peak EMG

Figur 9 viser ST's peak EMG værdier i de 8 øvelser. Muskelaktiviteten er vist i procent af den udførte MVIC for haserne. Det ses, at de funktionelle øvelser ligger lavest, og de styrkeprægede øvelser ligger højest i forhold til at aktivere ST. Tre af de funktionelle øvelser, hink medialt, hink frem og dropjump, ligger under styrketræningsgrænsen på 60 % af MVIC. Kettlebell havde det højeste peak EMG af ST med 115 % efterfulgt af tæppeflis på 98 % (tabel 3). En post-hoc test viste, at kettlebells peak EMG af ST var signifikant højere end tæppeflis' peak EMG af ST, $p \leq 0,05$ ($p = 0,0435$) (tabel 5), som aktiverede ST næsthøjest. Kettlebell og dødløfts peak EMG af ST blev registreret ved en hofteledsvinkel på henholdsvis 86 og 90 grader og en knæledsvinkel på 22 og 25 grader. De funktionelle øvelsers peak EMG af ST blev registreret mellem 34 og 39 graders knæfleksion og mellem 38 og 50 graders hoftefleksion (tabel 3).



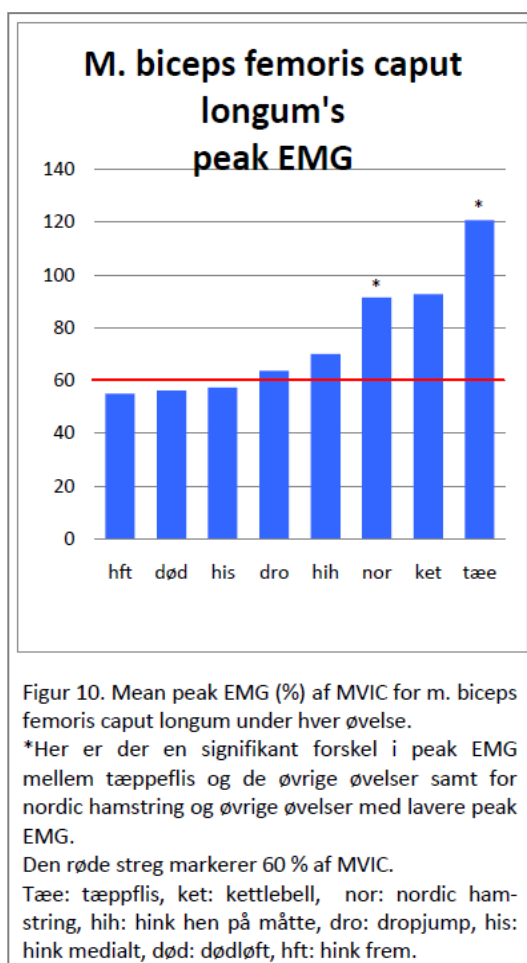
M. biceps femoris peak EMG

Figur 10 viser de 8 øvelser opstillet efter BFcl's peak EMG værdi i den enkelte øvelse. Værdierne viser muskelaktiviteten i procent af den udførte MVIC for haserne. Tæppeflis havde det højeste peak EMG af BFcl på 121 % (tabel 3). En post-hoc test (tabel 5) viste, at tæppeflis' peak EMG af BFcl var signifikant højere end kettlebell, $p \leq 0,05$ ($p = 0,009$), som havde det næsthøjeste peak EMG af BFcl med 93 %. Nordic hamstring aktiverede BFcl tredjehøjest, og det gjorde den signifikant højere end hink hen på måtte, der lå på fjerdepladsen, $p \leq 0,05$ ($p = 0,0133$) (tabel 5). Tæppeflis, kettlebell og nordic hamstring's peak EMG af BFcl var således signifikant højere end de resterende øvelser. Tæppeflis,

kettlebell, nordic hamstring, hink hen på måtte og dropjump aktiverede alle BFcl over de 60 % af MVIC. Dødløfts peak EMG var derimod næstlavest og var under 60 % af MVIC (tabel 3). Blandt de funktionelle øvelser, som ligger i den lave ende af figuren, skiller hink hen på måtte sig ud ved at have den fjerde højeste peak EMG værdi på 70 %. Tæppeflis' peak EMG af BFcl blev registreret ved 41 graders fleksion i knæet og 16 grader fleksion i hoften. De funktionelle øvelsers peak EMG af BFcl blev registreret mellem 40 og 48 graders knæfleksion og mellem 43 og 52 graders hoftefleksion (tabel 3).

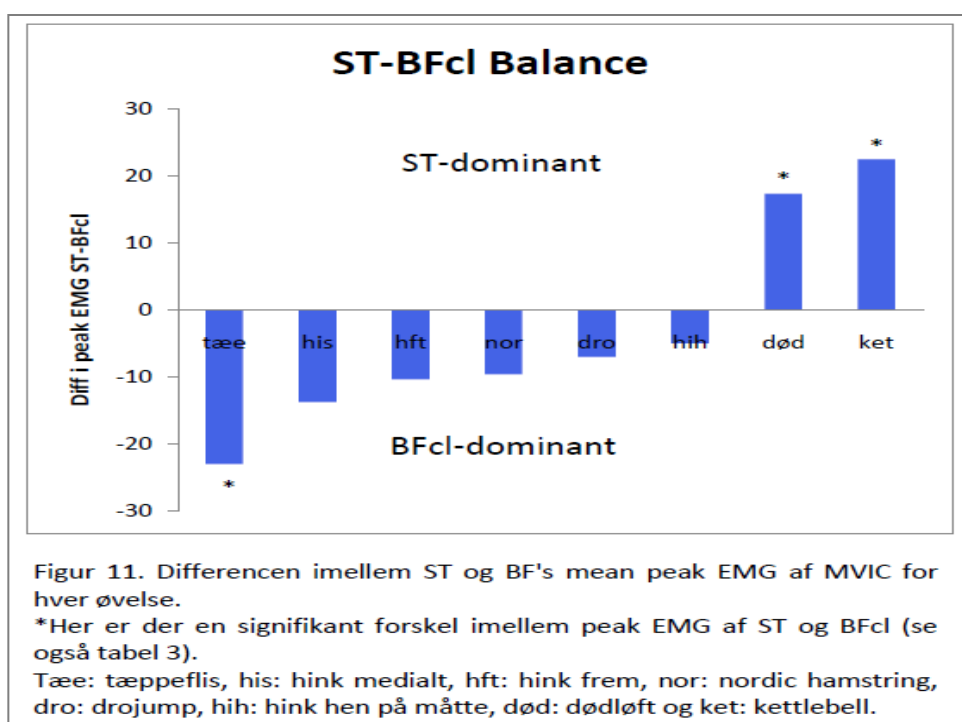
Hvordan aktiveres hasemuskulaturen medialt versus lateralt under de enkelte øvelser?

Figur 11 viser differencen mellem ST's og BFcl's peak EMG i de enkelte øvelser. Ud af de 8 øvelser var kettlebell, dødløft og tæppeflis de eneste, der havde en signifikant forskel i differencen mellem ST's og BFcl's peak EMG ($p_{ket} = 0,0091$, $p_{død} = 0,0441$, $p_{tæe} = 0,0062$ (se tabel 6)), hvoraf kettlebell, som det fremgår, var den med den største positive difference. ST-BFcl differencen var i kettlebell 23 %, i dødløft 17 % og i tæppeflis -23 %, som vist i tabel 6. Kettlebell og dødløft havde begge højere peak EMG af ST i forhold til BFcl, hvorimod tæppeflis havde højest peak EMG af BFcl i forhold til ST. Vi vil derfor betegne kettlebell og dødløft som værende ST-dominante og tæppeflis som BFcl-dominant. Der sås ingen signifikant forskel i ST- BFcl differencen i de resterende fem øvelser. De kan derfor ikke defineres som ST- eller BFcl-dominante, men har umiddelbart et lidt højere peak EMG af BFcl.



Er Kettlebell bedre til at aktivere ST end de 7 kendte øvelser?

Kettlebell var den øvelse, der havde det højeste peak EMG af ST. En post-hoc test (tabel 5) viste, at kettlebells peak EMG af ST var signifikant højere end tæppeflis, som var den øvelse, der havde det næsthøjeste peak EMG af ST, $p \leq 0,05$ ($p = 0,0435$). Kettlebells aktivering af ST var dermed signifikant højere end de resterende 6 øvelser. Derudover havde kettlebell den højeste signifikante difference i peak EMG imellem ST og BFcl af de øvelser, vi har betegnet som ST-dominante.



Diskussion

Metodediskussion

I det følgende vil delelementerne i studiets metode blive diskuteret i forhold til validitet og reliabilitet. Validiteten og reliabiliteten afhænger af den anvendte teknik og designets styrke, som vi i det følgende afsnit vil diskutere.

Studiets design

Studiet er et kvantitativt deskriptivt studie baseret på målinger af muskelaktivitet med overflade EMG. Vi mener, det er den hensigtsmæssige form for studie, da vi ønsker at beskrive de 8 øvelser med hensyn til muskelaktivitet i ST og BFcl. Til at supplere EMG resultaterne kunne vi have anvendt en kraftplatform og 3D biomekanisk bevægelsesanalyse. Her kunne vi have fået et bredere og mere uddybende billede af øvelserne, f.eks. præcis hvor i øvelsen peak EMG var samt graden af intensitet i øvelsen, dvs. EMG-aktiviteten over tid.

Vi har inddraget både funktionelle og styrkeøvelser i studiet, da begge elementer er en del af neuromuskulær træning og er vigtige for forebyggelse og rehabilitering. Vi udvalgte dem, som vi har erfaret oftest bruges i praksis, og som er lette at standardisere. Øvelserne er forskellige på flere punkter. De kan være koncentriske eller ekcentriske og bevægelsen kan ske over enten knæ eller hofte. Yderligere kan tempoet i øvelserne variere. Vi kunne også have valgt andre øvelser eller kun at vurdere enten styrkeøvelser eller funktionelle øvelser.

Ekstern og intern validitet

"Validitet angiver, hvor korrekt målemetoden er i forhold til problemstillingen og målgruppen" (Beyer & Magnusson, 2003). Der findes forskellige former for validitet, hvor de mest anvendte indenfor forskning er intern og ekstern validitet.

Den interne validitet indikerer, hvorvidt konklusionerne i studiet repræsenterer det, der er sket netop i det studie (Beyer & Magnusson, 2003). Vores data er primært indsamlet med overflade EMG, og konklusionerne i studiet er derfor baseret på direkte målinger af muskelaktivitet, hvorved vi mener, at studiet er internt validt.

Ekstern validitet angiver, i hvilken udstrækning forskningsresultatet, der stammer fra en stikprøve, kan generaliseres til hele den population, som stikprøven stammer fra (Beyer & Magnusson, 2003). Vi mener, at studiets stikprøve repræsenterer populationen, da alle elite håndbold- og fodboldspillere har nogenlunde samme træningsmængde, både med bold og styrke. Yderligere har de fleste elitespillere dyrket deres idrætsgren, siden de var børn for at være blevet gode nok til at spille på eliteniveau. Testpersonernes alder varierer mellem 20 og 28 år, hvorved stikprøven både repræsenterer nyoprykkede og erfarne seniorspillere. Stikprøven indeholder derimod kun spillere fra 4 forskellige klubber ud af 36 mulige klubber fra håndboldligaen, 1. division og 3F-ligaen samt kun fra klubber nær København. Vi kan derved ikke udelukke, at resultaterne ville have set anderledes ud, hvis stikprøven indeholdt spillere fra Jylland og Fyn. Vi tænker dog, at elitespillere har en nogenlunde ens træningsmængde, og derfor kan elitespillere fra København sammenlignes med elitespillere fra Jylland og Fyn. Yderligere har parametrene, muskler og øvelser, som vi måler på, en begrænset individuel variation.

Materiale

Resultatet af en test bliver mere kraftfuldt, jo større stikprøven er. Det er forskelligt, hvad der anbefales for at kunne få et signifikant resultat. Nogle anbefaler, at studiet mindst skal inddrage en stikprøve på 100, for at studiet har power, mens andre mener, at 25-30 er tilstrækkeligt (Hicks, 1999). Vi håbede på at få 20-22 forsøgspersoner efter vores indtøge, men vi endte på 16 deltagere, da der desværre kom et større frafald. Det kan diskuteres om 16 forsøgspersoner er tilstrækkeligt i vores studie. Man kan dog sige, at hvis der er god power i studiet, altså hvis resultaterne ikke ligger spredt, vil man kunne vise en tendens. Resultaterne fra kettlebell ligger forholdsvist spredt, men symmetrisk fordelt. De resterende øvelsers resultater ligger derimod tæt, hvormed vi mener at stikprøven er tilstrækkelig stor, til at resultaterne kan være retningsgivende. Spredningen af data vil blive yderligere uddybet i resultatdiskussionen.

Spillere med knæskader og akutte skader i underekstremiteten blev ekskluderet, da flere af øvelserne krævede god stabilitet i underekstremiteten. Yderligere ændres den neuromuskulære kontrol ved skader og smerter (DeMont & Lephart, 2004). De skadede spillere ville muligvis have et anderledes muskelaktiveringsmønster i øvelserne, hvilket ville

medføre en spredning af data og derved mindske studiets power. Forsøget inkluderede kun kvindelige spillere, da disse, har 2-8 gange større risiko for ACL-skader end mandlige spillere. Vi valgte at rekruttere elitespillere, da der er større incidens af ACL-skader på eliteniveau end i lavere divisioner (Myklebust et al., 2003). Yderligere er elitespillere ofte vant til at styrketræne.

Alle forsøgspersonerne blev testet på deres venstre ben, da 14 ud af 16 deltagere er højrehåndet, og derved hopper på venstre ben eller har det som standben under et spark – det dominante ben. Vi måtte teste alle på venstre ben, da biodex-opstillingen ellers skulle ændres undervejs. Dette var ikke muligt i forhold til den tid, som vi havde til rådighed. Vi kan ikke udelukke, at det kan have haft betydning for de to venstrehåndede deltagere, da deres dominante ben er højre. Matava, Freehill, Grutzner & Shannon (2002) har fundet, at der ikke er forskel i skadesfrekvensen mellem det dominante og ikke-dominante ben. Vi mener derfor, at der ikke burde være en afgørende forskel i, hvilket ben der testes, når deltagerne ikke er skadet.

Reliabilitet

Reliabilitet angiver, i hvilket omfang det er muligt, at få det samme resultat ved to eller flere målinger, dvs. reproducerbarheden (Beyer & Magnusson, 2003).

Vi har forsøgt at standardisere så meget som muligt for at øge reproducerbarheden, bl.a. ved at udarbejde computer-, biodex-, og testprotokol. Yderligere har vi standardiseret øvelsesinstruktionerne, så alle fik samme instruktion af samme instruktør, samt ens forevisning af øvelserne. Trods dette vil folk altid lave øvelserne med lidt variation. For at gøre vores studie mere reliabelt kunne vi have testet inter- og intrareliabiliteten, men dette ligger uden for opgavens omfang.

BIAS

I præstationstest og øvelser skyldes de mest almindelige bias (Beyer & Magnusson, 2003):

- Indlæring
- Motivation
- Udtrætning

Alle øvelser og test kræver *indlæring*. Testpersoners resultater bliver ofte bedre efter flere forsøg, ikke fordi de er blevet stærkere, men fordi de har vænnet sig til testen/øvelsen (Beyer

& Magnusson, 2003). Vi har forsøgt at tage højde for dette i vores studie, ved at forsøgspersonerne prøvede øvelserne på introdagen, tre af øvelserne blev gennemgået i opvarmningen, samt de fik et prøvoforsøg. Der kunne dog være flere faktorer, der påvirkede udførelsen af øvelserne, f.eks. hvor lang tid der var gået mellem intro- og testdag, eller om de var vant til at lave øvelsen til træning.

Motivationen svinger fra person til person (Beyer & Magnusson, 2003). Testpersonerne er eliteidrætsudøvere, hvormed størsteparten må være konkurrencemennesker, der er vant til at give sig fuldt ud. Det kunne tænkes, at flere af spillerne har en ”frygt” for at få en ACL-skade. De kan f.eks. have oplevet en af deres holdkammerater blive skadet, og derved se hvor omfattende rehabiliteringen er. Det kunne derfor være en motivationsfaktor for spillerne, at vi får nogle gode resultater i studiet, da vi derved kan være med til at forebygge ACL-skader. Yderligere havde de ret til at trække sig fra forsøget til hver en tid. Vi regner derfor med, at deltagerne var motiveret og præsterede maksimalt under øvelserne. På den anden side kan de have holdt igen under forsøget, for ikke at blive øm i haserne. Vi forsøgte at øge testpersonernes motivation ved at rose dem samt heppe på dem under øvelserne. Dette kunne være med til, at de gav sig mere og derved fik et højere EMG signal.

Når testpersoner udfører flere øvelser i træk, er der risiko for *udtrætning*, hvilket kan påvirke måleresultaterne i de sidste øvelser (Beyer & Magnusson, 2003). Grundet dette havde vi indlagt en pause på 2 min. mellem hver øvelse, samt øvelserne var fordelt i blokke, hvor der blev skiftet mellem en hård og mindre hård øvelse. Yderligere havde vi lavet fire forskellige rækkefølger, så det ikke altid var den samme øvelse, der var til sidst. I de fleste øvelser udførte deltagerne 3 gentagelser med f.eks. 12 RM eller uden belastning, så de blev ikke presset i den enkelte øvelse. En anden måde at udføre studiet på kunne være at fordele øvelserne over 2 testgange for at nedsætte risikoen for udtrætning. Til gengæld ville det kræve, at deltagerne skulle møde 2 gange, og elitespilleres dage ofte er booket meget op.

EMG

Overflade EMG er vist validt og reliabelt i forhold til måling af muskelaktivitet (Andersen et al., 2010; Zebis, 2008). Metoden er en anerkendt og ofte anvendt målemetode. Vi vurderer, at det er den mest brugbare til vores studie, selvom der er en række kendte fejlkilder ved metoden. Der skal tages højde for at høj EMG aktivering, som er et indirekte mål for

muskelkraft, både kan skyldes udtrætning, dårlige arbejdsforhold for musklen eller naturligvis reel høj muskelaktivering (Jensen, 2007).

EMG-signalet kan forstyrres af mange eksterne faktorer på vej fra muskelmembranen til elektroden. Dette kan bl.a. være vævskararakteristikken, crosstalk, elektronisk udstyr i rummet og elektroderne (Konrad, 2005). Vi forsøgte at minimere disse f.eks. ved at fjerne mobiltelefoner og andet elektronisk udstyr omkring testudstyret. For at nedsætte crosstalk var vi grundige med hudklargøringen, anvendte små elektroder og satte dem med en elektrodeafstand på 2 cm. Testpersoner har en individuel variation af vævskararakteristik med hensyn til subkutant fedtlag og muskelgeometri (Soderberg & Cook, 1984). Over ST og BFcl vil der dog være et nogenlunde ensartet fedtlag hos den enkelte forsøgsperson. Ved små muskler er der større risiko for crosstalk, da det her er sværere for elektroderne at skelne mellem den elektriske aktivitet fra den underliggende muskel og aktiviteten fra omkringliggende muskler (Jensen, 2007). ST og BFcl er i denne sammenhæng store muskler, og derfor vil risikoen for crosstalk være lille. Man kan ikke være sikker på at undgå crosstalk, men forsøge at minimere det så meget som muligt. Referenceelektroden blev anvendt for at minimere baggrundsstøjen (Farina et al., 2004).

Der havde været en introgang til tilvænning af øvelser, men spillerne havde ikke prøvet at udføre en MVIC før på selve testdagen. Ifølge Grimshaw et al. (2006) kræver det øvelse, at udføre en MVIC, og det kan give resultater under max, hvis forsøgspersonen ikke har prøvet det før. Vi mener dog, at vores forsøgspersoner er i stand til at udføre en MVIC, da de er eliteidrætsudøvere og fik et prøveforsøg inden selve udførelsen. Vi vurderer derfor vores resultater til at være valide og reliable.

Trakstar

Vi anvendte Trakstar til måling af knæ- og hoftelædvinkler under øvelserne. Denne var en ny metode på forskningsstedet, så der var endnu ikke foretaget et metodestudie med validitetstest. Data er derfor kun benyttet for at få et overordnet billede af ved hvilke lædvinkler i knæ og hofte, peak EMG er størst.

Testpersonen skulle holde sig inden for en afstand på 70 cm fra transmitteren, da det magnetiske felt er stærkest tæt på transmitteren. Vores målinger med Trakstar kan være blevet påvirket af flere faktorer, såsom elektronisk støj og magnetisk forvrængning (Ascension Technology Corporation, 2008). Vi forsøgte at mindske disse ved at fjerne andet elektronisk

udstyr samt metal fra laboratoriet. Det var dog ikke muligt fuldstændigt at fjerne alt metal, da kettlebell og dødløft skulle udføres med vægte af metal. Vores resultater på ledvinkler kan derved være blevet forvrænget. Vi vurderer dog, at dette kun er hændt i mindre grad, da vi var meget opmærksomme på at holde metallet så langt væk fra transmitteren som muligt.

Resultatdiskussion

I dette afsnit vil der være en diskussion af den neuromuskulære aktivering i relation til de valgte muskler samt potentielle fordele og begrænsninger af øvelserne. Da dette studie er et af de første af sin slags, er der sparsomt med litteratur på området, der diskuterer ST og BFcl's funktion og muskelaktivitet under specifikke bevægelser og øvelser. Der foreligger ikke validerede studier på de anvendte samt mange af anbefalede og "best practice" øvelser.

Diskussion af den neuromuskulære aktivitet i m. semitendinosus

Den neuromuskulære aktivitet i ST, målt som peak EMG, var i styrkeøvelserne kettlebell, tæppeflis, nordic hamstring og dødløft over 60 % af MVIC, hvilket indikerer, at de kan bruges til styrketræning. Kettlebell ligger højest med 115 % (± 55), hvilket er signifikant højere end resten af øvelserne. I et studie af Andersen et al. (2006) undersøgte de øvelsen hamstring curl, hvor der blev målt peak EMG værdier på henholdsvis 67 % for ST og 70 % for BFcl. I forhold til dette ligger alle styrkeøvelserne i vores studie med højere værdier for ST, hvilket må understrege deres berettigelse som styrkeøvelser.

Kettlebell har umiddelbart en stor spredning ($SD = \pm 55$) for peak EMG af ST. Dette kunne man se som en svaghed for studiets power, men det kan også være udtryk for en styrke, da der, på trods af den store spredning, stadig er en signifikant forskel i aktiveringen af ST (peak EMG) i kettlebell i forhold til de andre øvelser. I de andre øvelser er der generelt mindre spredninger. Dette kunne være fordi, at kettlebell er en ny øvelse, og forsøgspersonerne derfor ikke har noget forprogrammeret motorisk program til denne øvelse. Havde vi målt muskelaktiveringen på en gruppe, der var vant til kettlebell træning, ville resultaterne muligvis have været mere ensartet. De øvrige øvelser er derimod kendte, og forsøgspersonerne vil derfor i nogen omfang have et motorisk program til den pågældende øvelse. Det er muligvis derfor, at spredningen er større for kettlebell end i de kendte øvelser.

Det kan diskuteres, hvorvidt udgangsstillingen har indflydelse på aktiviteten i musklen. Både kettlebell og dødløft har et højt peak EMG af ST. Begge disse øvelser har en udgangsstilling, hvor ST er spændt ud over hofte- og knæleddet og derved er i sin yderbane. Dette kan vi se ud fra knæ- og hoftevinklerne, der er registreret på det samme tidspunkt som peak EMG, og som næsten er ens for kettlebell og dødløft. Derudover kræver begge øvelser stor grad af stabilitet i hele kroppen og specielt omkring knæene, hvilket stiller yderligere krav til den generelle muskelaktivering.

Kettlebell er, som nævnt, den øvelse, der har det højeste peak EMG af ST. Ud fra teorien om ST's opbygning og funktion samt kettlebells udførelse havde vi en formodning om, at kettlebell ville være god til at aktivere ST (jf. baggrundsafsnittet). ST er opbygget, så den er ideel til at kontrahere hurtigt og udvikle kraft hurtigt. Desuden kan ST kontrahere sig over længere afstande og arbejder derved godt, når musklen er i yderbanen (jf. teoriafsnittet). Vores resultat er dermed i overensstemmelse med den antagelse, vi havde gjort os inden forsøget.

Tæppeflis har det næsthøjeste peak EMG af ST. Dette kan skyldes, at de fleste forsøgspersoner lå tæt på 1RM i denne øvelse, hvilket de ikke gjorde i nogen af de andre øvelser. På den anden side kan det også skyldes, at ST i øvelsen ikke har optimale arbejdsvilkår, da musklen for det meste er i inderbanen.

Vi mener, at kettlebell er en meget relevant øvelse for boldspillere, da den træner ST i en stor bevægebane med høj hastighed, samtidig med at den er en 'closed kinetic chain'⁷ øvelse, hvilket mindsker risikoen for at vride i knæene. Da ACL-skader typisk sker i forbindelse med hurtige, pludselige bevægelser, vil det være relevant at styrketræne musklen i en højhastighedsøvelse. Dette vil øge de neurale signaler til musklen og musklens kraftudvikling. Kettlebell ville være mulig at implementere i praksis, men den kræver indlæring. Flere af forsøgspersonerne syntes, at øvelsen var svær at udføre første gang, men de blev hurtigt bedre til at udføre den. Øvelsen er, pga. sit høje krav til koordination samt høje hastighed, ikke en øvelse vi ville anbefale tidligt i et knærehabiliteringsforløb.

⁷ 'Closed kinetic chain' (lukket ledkæde) er en øvelse hvor den distale ende (f.eks. foden) er fikseret (Lindberg, Källten & Nyberg, 2008).

Diskussion af den neuromuskulære aktivitet i m. biceps femoris caput longum

Øvelsen tæppeflis havde det højeste peak EMG af BFcl. Der, hvor peak EMG blev målt for BFcl, var knæledsvinklen 41 grader, hvilket gør, at musklen var i sin inderbane/midterbane. I denne del af bevægebanen har BFcl gode arbejdsvilkår modsat ST (jf. teori afsnittet). Da ingen af de andre koncentriske øvelser kom i en tilsvarende del af bevægebanen, kunne dette have betydning for, at tæppeflis lå højest på listen over peak EMG af BFcl. Samtidig kunne forsøgspersonerne kun tage ganske få gentagelser af denne øvelse, da 1 repetition var tæt på 1 RM. Tæppeflis ligger derved formentlig højere i RM belastning end nogle af de andre øvelser, hvilket vil have indflydelse på størrelsen af EMG-signalet. I studiet af Andersen et al. (2006) undersøgte de øvelsen, bækkenløft, på et ben. I denne øvelse målte de en muskelaktivering på 34 % i BFcl og 24 % i ST. Denne øvelse kan til dels sammenlignes med tæppeflis, dog med den væsentlige forskel at bevægelsen i denne øvelse både sker over knæ- og hoftelæddet, og ikke kun over knæleddet, som i tæppeflis. Desuden blev studiet udført på mænd, og ikke på kvinder, hvilket kunne have givet et andet resultat. Resultatet fra Andersen et al.'s (2006) studie er betydeligt lavere end resultatet fra tæppeflis i vores studie. Dette kunne skyldes, at BFcl og ST var i den inderste del af inderbanen og derved havde meget dårlige arbejdsbetingelser. Det giver et billede af, hvordan musklernes vilkår ændres alt efter hvor i bevægebanen, de befinder sig.

Dødløft havde et uventet lavt peak EMG af BFcl på 56 %. Dette kan skyldes, at den vægt vi estimerede til forsøgspersonerne i øvelsen ikke modsvarede deres 12 RM. Hvis belastningen var for lav, ville musklen skulle udvikle mindre kraft for at udføre øvelsen. Dette ville føre til det lavere peak EMG af BFcl.

De funktionelle øvelser havde, som ventet, lavere peak EMG værdier både for ST og BFcl. To af øvelserne – dropjump og hink hen på måtte - havde peak EMG værdier lige omkring og over 60 % af MVIC, specielt for peak EMG af BFcl. Dette mener vi dog, ikke nødvendigvis gør øvelserne til styrkeøvelser. Hewett et al. (2005) og Palmieri et al.'s (2008) studier viste, at dynamisk valgus i et dropjump var associeret med øget aktivitet i BFcl. Hvis man sammenholder dette med vores fund, kunne det tænkes, at specielt de to øvelser, hvor man lander på et blødt underlag, gav anledning til øget valgus og dermed højere peak EMG af BFcl, forudsat at peak EMG forekom i landingsfasen. Dette på trods af at vi efterstræbte 'perfekte' landinger hos forsøgspersonerne. Yderligere er det interessant, at tidspunktet for peak EMG af BFcl og ST ikke er det samme. Dette kunne dels afspejle musklernes arbejdsvilkår, men også kravet fra knæet og de momenter, der er på spil i en landing.

Diskussion af differencen i neuromuskulær aktivering af ST og BFcl

Kettlebell og tæppeflis udgør hver sin ende af spektret (jf. figur 11) og er sammen med dødløft de eneste øvelser, der har en signifikant difference i peak EMG mellem ST og BFcl. Kettlebell og dødløft har signifikant højere peak EMG af ST end BFcl, mens tæppeflis har signifikant højere peak EMG af BFcl end i ST. Her kan udgangsstillingen formentlig være en årsag. I dødløft og kettlebell sker den primære bevægelse over hoften, mens den i tæppeflis primært sker over knæet, hvilket ændrer på musklernes arbejdsvilkår.

De funktionelle øvelser ligger lige omkring midten af spektret (jf. figur 11). Der er ingen signifikant forskel mellem peak EMG af ST og BFcl i disse øvelser. Vi kan derfor ikke afvise, at peak EMG værdierne af ST og BFcl er ens. Hvis vi kigger på tallene for peak EMG af ST og BFcl, kan vi se at de næsten har forholdet 1:1 (jf. tabel 3). I studiet af Zebis et al. (2008), hvor muskelaktivering under et retningsskift blev undersøgt før og efter en interventionsperiode, viste før-testen, at prælandings- og landingsaktiviteten i ST og BFcl næsten var i forholdet 1:1. Dette svarer til det, vi har observeret i vores funktionelle øvelser.

En interessant observation i de funktionelle øvelser er, at der, hvor peak EMG er registreret for ST og BFcl, ikke er ved det samme antal grader i knæet og dermed ikke på samme tid. Dette understøtter den tanke, at ST og BFcl virker forskelligt på knæet. I de funktionelle øvelser skifter belastningen på knæet, alt efter om man kommer i varus eller valgus. Dette skal styres af muskulaturen rundt om knæet, der derved er nød til at arbejde på forskellige tidspunkter.

Nordic hamstring skiller sig ud ved at være den eneste øvelse, der har forholdet 1:1 og arbejder udelukkende ekcentrisk. Det er sværere at opnå høje EMG værdier, når en muskel arbejder ekcentrisk i forhold til koncentrisk (Jensen, 2007). På trods af dette har nordic hamstring høje peak EMG værdier for både ST og BFcl og vil således styrketræne begge muskler. Da øvelsen er ekcentrisk, vil den være særlig relevant at anvende i forebyggelsessammenhænge, ikke alene i forbindelse med forebyggelse af ACL-skader, men også i forbindelse med fiberskader, da disse skader typisk sker under ekcentrisk muskelarbejde. Nordic hamstring er meget let at udføre og kan laves som makkerøvelse på træningsbanen.

Konklusion

Øvelsen kettlebell gav det højeste peak EMG i ST og var signifikant bedre til at aktivere ST end de resterende øvelser. Kettlebell havde desuden en signifikant difference i peak EMG mellem ST og BFcl og kan derfor betegnes som værende ST-dominant. Øvelsen blev udført primært med bevægelse i hoftelæddet (ekstention/fleksion), og peak EMG for både ST og BFcl blev registreret ved næsten 90 graders fleksion i hoften og 25 graders fleksion i knæet.

Dødløft havde ligesom kettlebell en signifikant difference i peak EMG mellem ST og BFcl og kan derfor også betegnes som værende ST-dominant. Øvelsen blev ligeledes udført primært med bevægelse i hoftelæddet (ekstention/fleksion), og peak EMG for både ST og BFcl blev registreret ved 90 graders fleksion i hoften og 22 graders fleksion i knæet.

Tæppeflis havde det højeste peak EMG af BFcl og var signifikant bedre til at aktivere BFcl end de resterende øvelser. Tæppeflis havde desuden en signifikant difference i peak EMG mellem ST og BFcl og kan derfor betegnes som værende BFcl-dominant. Øvelsen blev udført primært med bevægelse i knælæddet (ekstention/fleksion), og peak EMG for BFcl blev registreret ved 41 graders fleksion i knæet og 16 graders fleksion i hoften.

Nordic hamstring var den eneste af styrkeøvelserne, der havde en næsten ligelig aktivering af ST og BFcl.

De fire ovennævnte øvelser kettlebell, dødløft, tæppeflis og nordic hamstring kan betegnes som styrkeøvelser, da deres peak EMG er over 60 % af MVIC.

De funktionelle øvelser – hink frem, hink hen på måtte, hink medialt og dropjump – havde generelt lavere peak EMG end styrkeøvelserne og kan ikke, ud fra vores resultater, betegnes som værende ST- eller BFcl-dominante.

Perspektivering

Vi har i vores studie valgt at se på de fysiologiske og biomekaniske parametre i 4 styrkeøvelser og 4 funktionelle øvelser, hvilket kun er få af de øvelser, der bruges i den daglige træning og i klinikken. Da vores studie desuden er et af de første af sin slags, ville man med fordel kunne udføre tilsvarende studier med andre øvelser, end dem vi har testet.

På kort sigt kunne det være interessant at udføre interventionsstudier, med øvelserne fra dette studie, på forskellige målgrupper. Øvelserne kunne f.eks. afprøves på personer, der ikke er i stand til aktivere ST hensigtsmæssigt i funktionelle opgaver. Interventionen til denne gruppe kunne således bestå af funktionelle øvelser med fokus på udførelse og teknik, herunder knæ- og fodstilling. Deltagernes aktivering af ST under funktionelle øvelser kunne blive målt før og efter interventionen, og derudfra er det muligt at vurdere om muskelaktiviteten øges. Efter samme princip kunne et interventionsstudie udføres på personer med svag aktivering af ST under styrketræningsøvelser. Denne gruppe kunne udføre styrketræningsøvelser, f.eks. kettlebell, tæppeflis og dødløft, da disse har høj muskelaktivering af ST og samtidig er styrketræningsøvelser. På denne måde er det muligt at teste både de funktionelle og styrkeøvelserne fra dette studie. Dette med henblik på om de ville øge henholdsvis muskelaktiveringen af ST under funktionelle opgaver og muskelstyrken af ST og derved på længere sigt have en skadesnedsættende effekt.

For at få det største udbytte af sådanne interventionsstudier, er der desuden behov for at udvikle et screeningsredskab for at kunne fastslå, om en atlet har problemer med at aktivere ST på det rigtige tidspunkt i forhold til at kunne stabilisere knæet i funktionelle øvelser, eller om atleten generelt mangler styrke. Ved at fastslå dette vil man kunne specificere træning til det enkelte individ med funktionelle og/eller styrkeøvelser, uanset om det er med henblik på forebyggelse eller rehabilitering.

Yderligere kunne der udføres interventionsstudier kun med kettlebell, da man så ville kunne tage hensyn til den ofte lave compliance, og på den måde måske finde ud af, hvor lidt træning der er nok til at forebygge ACL-skader. Kettlebell er særlig interessant, da det er en mere funktionel styrkeøvelse, end styrkeøvelser normalt er og desuden har det højeste peak EMG af ST. Et studie kunne udføres med det formål at teste kettlebells evne til at øge muskelstyrken i ST samt dens evne til at øge ST's aktivering i spillignende situationer, som f.eks. retningsskift. Derudover ville det være interessant at udføre et interventionsstudie med

henblik på at undersøge kettlebells effekt på nedsættelse af ACL-skader. Derefter kunne den afprøves på forskellige målgrupper som f.eks. personer med lav muskelaktivering af ST, da dette kunne vise om målrettet ST træning på de udvalgte målgrupper ville have en skadesnedsættende effekt. Derudover ville det være relevant også at foretage et interventionsstudie på personer med rekonstrueret ACL, for at undersøge øvelsens rehabiliterende effekt.

Yderligere er det oplagt at fortsætte forskningen i kettlebell, da den ikke kun træner hasemusklerne, men også arme og skuldre, samt stabilitet omkring knæ, hofter og truncus mm.. Der kræves dog ligeledes validering, samt interventionsstudier af øvelsen på disse områder, før man kan fastslå, om den har en forebyggende og/eller skadesnedsættende effekt på disse regioner af kroppen.

Da der allerede i dag foreligger store mængder af brugbar viden og forskning på området ACL-skader, har Dansk Bold Union og Dansk Håndbold Forbund et stort ansvar for at videregive denne information. Vi mener derfor, at der, som en naturlig del af alle træneruddannelser, burde indgå skadesforebyggende moduler, som indeholder information om risikofaktorer, samt forebyggende øvelser. Vi må ikke glemme, at fysioterapeuten i denne sammenhæng også bærer et stort ansvar for at få implementeret mere specifik træning i klubberne med forebyggelse for øje.

Alle de ovennævnte tiltag, tror vi, kunne være med til at nedsætte incidensen af ACL-skader. Dette vil ikke kun gavne den enkelte spiller, ved at denne undgår invaliderende skader, men også klubberne, der vil kunne udnytte deres spillere optimalt i løbet af sæsonen, da de undgår lange skadesperioder, hvor de ikke kan bidrage til holdet. Desuden vil det i sidste ende også komme samfundet til gode i form af færre udgifter til operationer og genoptræningsforløb.

Ingen mennesker er ens og alle har forskellige behov. Vi skal derfor, som fysioterapeuter, aldrig glemme vores kliniske ræsonnering, da forskning langt fra kan erstatte vores øjne og hænder.

Litteraturliste

- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lazaro-Haro, C. & Cugat, R. (2009a). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee. Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 17, 705-729.
- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lazaro-Haro, C., Cugat, R. (2009b). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee. Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 17, 859-879.
- Andersen, L. L., Magnusson, S. P., Nielsen, M., Haleem, J., Poulsen, K., & Aagaard, P. (2006). Neuromuscular activation in conventional therapeutic exercises and heavy resistance exercises: implications for rehabilitation. *Phys. Ther.* , 86 (5), 683-697.
- Andersen, L. L., Andersen, C., Mortensen, O. S., Poulsen, O. M., Bjørnlund, I. B. T., Zebis, M. K. (2010). Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparisons of dumbbells and elastic resistance. *Phys. Ther.* , 90 (4), 1-12.
- Ascension Technology Corporation (2008). *3D Guidance trakSTAR - Installation and Operation Guide*. Ascension Technology Corporation.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand Suppl.*, 619, 1-155.

- Besier, T. F., Lloyd, D. G., Ackland, A. T., & Cochrane, J. L. (2001). Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sports Exerc.*, 33(7), 1176-1181.
- Besier, T. F., Lloyd, D. G., & Ackland, T. R. (2003). Muscle activation strategies at the knee during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sports Exerc.*, 35(1), 119-127.
- Beyer, N. & Magnusson, P. (2003). *Målemetoder i fysioterapi*. København: Munksgaard Danmark.
- Birkler, J. (2005). *Videnskabsteori*. København: Munksgaard Danmark.
- Bojsen-Møller, F. (2006). *Bevægeapparatets anatomi*. (12. udgave) København: Munksgaard Danmark.
- Bojsen-Møller, J. Løvind.-Andersen. J. Olsen. S. Trolle. M. Zacho. M. & Aagaard. P. (2006). *Styrke træning*. (2. udgave). Brøndby: Danmarks Idræts-Forbund.
- Caraffa, A., Cerulli, G., Projetti, M., Aisa, G., & Rizzo, A. (1996). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee. Surg.Sports Traumatol. Arthrosc.*, 4(1), 19-21.
- Carlsson, E. (2004). ACL-skader hos kvinder. *Dansk Sportsmedicin*, 8 (2), 27-29.
- Danmarks Idræts-Forbund (2009). *Medlemstal*. Lokaliseret den 3. oktober 2009 på:
http://sitecore.dif.rove.dk/asp/medlemstal_popup2007.asp?orderby=&opdeling=Forbund&aar=2009&amt=.

- Dansk Boldspil-Union (2009). *3F Ligaen*. Lokaliseret d. 23. august 2009 på: <http://www.dbu.dk/sr/teamView.aspx?poolid=90714>.
- Dansk Håndbold Forbund (2009, 2. september). *GuldBageren Ligaen – Damer*. Lokaliseret d. 23. August 2009 på: <http://dhf.dk/composite-23.htm>.
- Danske Fysioterapeuter (2009a, 18. august). *Etiske retningslinier for fysioterapeuter*. Lokaliseret d. 12. december 2009 på: <http://fysio.dk/org/om-os/Vedtagter-beslutninger-retningslinjer-og-love/Etiske-retningslinjer/>
- Danske Fysioterapeuter (2009b, 20. august). *Borg CR10 (Dyspnø)*. Lokaliseret d. 12. Oktober 2009 på: <http://fysio.dk/fafo/Maleredskaber/Maleredskaber-alfabetisk/Borg-CR10-Dyspno/>.
- Demont, R. G. & Lephart, S. M. (2004). Effect of sex on preactivation of the gastrocnemius and hamstring muscles. *Br. J. Sports Med.*, 38(2), 120-124.
- Den Centrale Videnskabsetiske komité (2009). *Forsøgspersoner*. Lokaliseret d. 2. september 2009 på: <http://www.cvk.sum.dk/forsoegspersoner.aspx>.
- Dyhre-Poulsen, P. & Krogsgaard, M. R. (2000). Muscular reflexes elicited by electrical stimulation of the anterior cruciate ligament in humans. *J Appl. Physiol.*, 89(6), 2191-2195.
- Ebstrup, J. F. & Bojsen-Møller, F. (2000). Anterior cruciate ligament injury in indoor ball games. *Scand J Med Sci Sports.*, 10(2), 114-116.
- Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2004). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *J. Appl. Physiol.*, 96(4), 1486-1495.

- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med.*, 34(10), 663-679.
- Grimshaw, P. Lees. A. Fowler. N. & Burden. A. (2006). *Sport & Exercise Biomechanics*. U.S.: Taylor & Francis Group.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Jr., Colosimo, A. J., McLean, S. G., ..., Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am. J. Sports Med.*, 33(4), 492-501.
- Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am. J Sports Med*, 24(6), 765-773.
- Hewett, T. E., Torg, J. S., & Boden, B. P. (2009). Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *Br. J. Sports Med.*, 43(6), 417-422.
- Hicks, C. M. (1999). *Research Methods for Clinical Therapists – Applied project design and analysis*. U.S.: Churchill Livingstone.
- Higashihara, A., Ono, T., Kubota, J., & Fukubayashi, T. (2009). Differences in the electromyographic activity of the hamstring muscles during maximal eccentric knee flexion. *Eur. J. Appl .Physiol.* (u.s.).

Infosport (2009). *DHF 1. Division Damer*. Lokaliseret d. 23. August 2009 på:

[http://www.infosport.dk/cgi-](http://www.infosport.dk/cgi-bin/MMS.dhf/stilling.hms?pu=P084585&fb=DHF&ak=&rk=1%2E+Division+Damer&k=Damer&fbnavn=Dansk%20H%E5ndbold%20Forbund&msc=dhf.hms)

[bin/MMS.dhf/stilling.hms?pu=P084585&fb=DHF&ak=&rk=1%2E+Division+Damer](http://www.infosport.dk/cgi-bin/MMS.dhf/stilling.hms?pu=P084585&fb=DHF&ak=&rk=1%2E+Division+Damer&k=Damer&fbnavn=Dansk%20H%E5ndbold%20Forbund&msc=dhf.hms)

[&k=Damer&fbnavn=Dansk%20H%E5ndbold%20Forbund&msc=dhf.hms.](http://www.infosport.dk/cgi-bin/MMS.dhf/stilling.hms?pu=P084585&fb=DHF&ak=&rk=1%2E+Division+Damer&k=Damer&fbnavn=Dansk%20H%E5ndbold%20Forbund&msc=dhf.hms)

Jensen, B. R. (2010). *Elektromyografi. I: Simonsen, E. B. & Hansen, L. K. (red.) Lærebog i biomekanik* (s. 140-153). København: Munkgaard Danmark.

Jørgensen, U. (2007, 14. marts). *Skadesstatistik*. Lokaliseret d. 10. oktober 2009 på:

<http://www.dif.dk/Foridraetsudoeveren/Forside/Skader/Skadestatistik.aspx>.

Konrad, P. (2005). *The ABC of EMG - A Practical Instruction to Kinesiological Electromyography*. USA: Noraxon INC.

Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., ...,

Triplett-McBride, T. (2002). American College of Sports Medicine position stand.

Progression models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*,

34(2), 364-380.

Krogsgaard, M., Jakobsen, B., W., Tordrup, P., Kjær, M., Magnusson, P. & Nielsen, M.

(red.) (2006). *Reference program for ledbåndsskader i knæleddet*. København: Dansk

Ortopædisk Selskab (DOS) og Dansk Selskab for Artroskopisk Kirurgi og

Sportstraumatologi (SAKS).

Krogsgaard, M. R. (2002). Forreste korsbånd. *Ugeskrift for læger*, 164, 1208-1214.

- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R., ..., Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am. J. Sports Med.*, 35(3), 359-367.
- Lieber, R. L. & Bodine-Fowler, S. C. (1993). Skeletal muscle mechanics: implications for rehabilitation. *Phys. Ther.*, 73, 844-856.
- Lind, M., Menhert, F., & Pedersen, A. B. (2009). The first results from the Danish ACL reconstruction registry: epidemiologic and 2 year follow-up results from 5,818 knee ligament reconstructions. *Knee. Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 17(2), 117-124.
- Lindberg, C. Källten. V. & Nyberg, B. (2008). Træning med åben og lukket ledkæde. *Fysioterapeuten*, 90(2), 6-9.
- Lund, H. & R. H. (2010). *Statistik i ord*. København: Munksgaard Danmark.
- Makihara, Y., Nishino, A., Fukubayashi, T., & Kanamori, A. (2006). Decrease of knee flexion torque in patients with ACL reconstruction: combined analysis of the architecture and function of the knee flexor muscles. *Knee .Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 14(4), 310-317.
- Matava, M. J., Freehill, A. K., Grutzner, S., & Shannon, W. (2002). Limb dominance as a potential etiologic factor in noncontact anterior cruciate ligament tears. *J. Knee. Surg.*, 15(1), 11-16.
- Michalsik L.B. (2010). *Analysis of the physical demands in elite handball and of the physical capacity of elite handball players on different playing positions with special reference*

to muscle fatigue and the effect of intense strength training. Odense: Syddansk Universitet. Upubliceret PhD-afhandling.

Mosby (2009). *Mosby's medical dictionary.* U.S.: Elsevier.

Myer, G. D., Ford, K. R., Palumbo, J. P., & Hewett, T. E. (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *J .Strength. Cond. Res.*, 19(1), 51-60.

Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2003). Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Team Handball Players: A Prospective Intervention Study Over Three Seasons. *Clin. J Sport. Med.*, 13(2), 71-78.

Myklebust, G., Maehlum, S., Engebretsen, L., Strand, T., & Solheim, E. (1997). Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scand J Med Sci Sports*, 7(5), 289-292.

Myklebust, G. & Risberg, M. A. (2002). Forreste korsbåndsskader; Rehabilitering med hovedvægt på neuromuskulær træning. *Dansk Sportsmedicin*, 2(6), 13-19.

Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am. J Sports Med*, 32(4), 1002-1012.

Palmieri-Smith, R. M., Wojtys, E. M., & Ashton-Miller, J. A. (2008). Association between preparatory muscle activation and peak valgus knee angle. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 18(6), 973-979.

- Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynnon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., ..., Engebretsen, L. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br. J. Sports Med.*, 42(6), 394-412.
- SENIAM (2009). *Recommendations for sensor locations in hip or upper leg muscles*. Lokaliseret d. 1. september 2009 på: <http://seniam.org/>
- Simonsen, E. B. (2007). Målemetoder. I: Simonsen, E., B. & Hansen, L., K. (red.) *Lærebog i biomekanik* (s. 81-87). København: Munksgaard Danmark.
- Soderberg, G. L. & Cook, T. M. (1984). Electromyography in biomechanics. *Phys. Ther.*, 64(12), 1813-1820.
- Statens Institut for Folkesundhed, Ulykkesregistret, SDU (2009, 1. juli). *Antal skadestuekontakter efter sportsulykker fordelt på år 2001-2008 og sportsgren*. Lokaliseret d. 3. oktober 2009 på: <http://www.sifolkesundhed.dk/Ulykkestabeller/da/spospohva.shtml>.
- Wilderman, D. R., Ross, S. E., & Padua, D. A. (2009). Thigh muscle activity, knee motion, and impact force during side-step pivoting in agility-trained female basketball players. *J. Athl. Train.*, 44(1), 14-25.
- World Medical Association (2008, 22. oktober). *Declaration Of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. Lokaliseret d. 27. november 2009 på: <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>.

Zebis, M. K., Andersen, L. L., Bencke, J., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2009). Identification of athletes at future risk of anterior cruciate ligament ruptures by neuromuscular screening. *Am. J. Sports Med.*, 37(10), 1967-1973.

Zebis, M. K., Bencke, J., Andersen, L. L., Dossing, S., Alkjaer, T., Magnusson, S. P., ..., Aagaard, P. (2008). The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidecutting in female elite soccer and handball players. *Clin. J. Sport Med.*, 18(4), 329-337.

Bilagsfortegnelse

Bilag 1: Stamdata tabel	s. 61
Bilag 2: De fire øvelsesrækkefølger	s. 62
Bilag 3: Computerprotokol	s. 63
Bilag 4: Biodex protokol	s. 64
Bilag 5: Testprotokol	s. 65
Bilag 6: Informationsbrev til forsøgspersonerne	s. 71
Bilag 7: Forsøgspersoners rettigheder	s. 74
Bilag 8: Samtykkeerklæring	s. 75
Bilag 9: MVIC test	s. 76
Bilag 10: Spørgeskema til testpersoner	s. 77
Bilag 11: Øvelsesinstruktioner	s. 78
Bilag 12: Øvelsesbeskrivelse	s. 80
Bilag 13: Søgematrix	s. 83

Bilag 1. Stamdata

test-person	alder (år)	højde (cm)	vægt (kg)	Borg skala	position	spille-år	styr-ke år	antal træning pr uge	antal styrke-træning pr uge	ømhed haser	idræt	skudarm/ben	Række	stabilitet ve. Knæ	stabilitet ve. Ankel	smerter ve. Knæ efter kamp
1	25	184,9	73,3	5	streg	18,5	9	4,5	2,5	mindre grad	håndbold	højre	Ligaen	9	10	1
2	21	170,0	69,7	3	angriber	12	1	5	1	slet ikke	fodbold	højre	3F	8	4	2
3	22	170,5	68,8	2	målmand	14	6	5	2	slet ikke	fodbold	højre	3F	8	7	0
4	20	172,0	70,2	4	målmand	14	2	4	2	slet ikke	fodbold	venstre	3F	7	8	2
5	25	168,5	58,1	3	playmaker	20	5	4	1	slet ikke	håndbold	højre	1. div	10	7	5
6	28	172,5	64,0	1	midterforsvar	23	10	5	1	mindre grad	fodbold	højre	3F	7	5	0
7	24	171,2	70,2	3	målmand	18	8	4	1,5	mindre grad	håndbold	højre	1. div	6	3	0
8	20	171,0	66,6	2	playmaker	13	5,5	4	1,5	mindre grad	håndbold	højre	1. div	7	7	3
9	22	176,0	66,8	1,5	Back	14	3	4	1,5	slet ikke	håndbold	højre	1. div	8	6	0
10	23	161,5	74,7	3	Fløj	12	4	4,5	1,5	slet ikke	håndbold	højre	1. div	8	5	8
11	28	166,0	53,4	2	Midtbane	23	7	5	1	slet ikke	fodbold	højre	3F	10	7	0
12	23	162,5	53,8	1	Back/kant	16	6	5	1	mindre grad	fodbold	højre	3F	10	8	0
13	20	162,0	57,7	2	Midtbane	13	4	5	1	slet ikke	fodbold	højre	3F	9	10	2
14	21	175,0	63,2	3	midterforsvar	16	6	5	1,5	slet ikke	fodbold	venstre	3F	10	8	0
15	21	177,5	79,3	2	målmand	8	6	6,5	2	slet ikke	fodbold	højre	3F	10	10	0
16	22	162,5	70,0	2	Fløj/Back	15	4	4	1,5	slet ikke	håndbold	højre	1. div	9	9	0
mean	22,8	170,2	66,2	2,5		15,6	5,4	4,7	1,5					8,5	7,1	1,4
SD	2,6	6,4	7,4	1,1		4,1	2,4	0,7	0,5					1,3	2,1	2,3

Bilag 2. De fire øvelsesrækkefølger

I nedenstående skema er de fire forskellige øvelsesrækkefølger illustreret. De forskellige farver viser den cirkulære blokstruktur. Forsøgspersonerne trak en af de fire rækkefølger og gennemførte denne.

Rækkefølge 1	Rækkefølge 2	Rækkefølge 3	Rækkefølge 4
Bækkenløft	Hofteekstension	Nordic	Hink sidelæns
Ligg. Legcurl	Dødløft	Hink frem/tilbage	Sidd. legcurl
Hofteekstension	Hoppeserie	Kettlebell	Tæppeflis
Dødløft	Nordic	Hink sidelæns	Bækkenløft
Hoppeserie	Hink frem/tilbage	Sidd. legcurl	Ligg. Legcurl
Nordic	Kettlebell	Tæppeflis	Hofteekstension
Hink frem/tilbage	Hink sidelæns	Bækkenløft	Dødløft
Kettlebell	Sidd. legcurl	Ligg. Legcurl	Hoppeserie
Hink sidelæns	Tæppeflis	Hofteekstension	Nordic
Sidd. legcurl	Bækkenløft	Dødløft	Hink frem/tilbage
Tæppeflis	Ligg. Legcurl	Hoppeserie	Kettlebell

Bilag 3. Computer protokol

- ☐ **Tænd** computer, a/d transformer og TRAKSTAR transmitter
- ☐ **Isæt** batteri i channelbox

- ☐ **Åbn programmet [Cubes] (vigtigt at dette program åbnes først!)**
- ☐ Sikr at indstillingerne er sat til [English] og [Measurement Rate = 80] og [Power Line Frequency = 50]
- ☐ Opret en ny fil:
 - Første gang: Klik på [Save To File] → [Browse] (ny vinduesboks kommer frem) → [Lokal disk(C:)/Data/Hamstring/Trakstar]
 - Indtast nyt [filnavn]. Filnavn = (xx-xxx) initialer-øvelse
 - Klik på [Gem]
 - Anden gang: Klik på [New] → indtast nyt filnavn → klik på [Gem]
- ☐ Klik på [Run] for at begynde optagelse
- ☐ Klik på [Stop] for at afslutte optagelse
- ☐ Filen gemmes automatisk
- ☐ Husk at lave en optagelse for hver forsøgspersons anatomiske udgangsstilling kaldet xx-xxx (xx-ana)
- ☐ Opret ny fil for hver enkel øvelse

- ☐ **Åbn programmet [Spike2 5.13]**
- ☐ Sikr at indstillingerne for [channels], i [Sample] → [Sample Configuration], er: 1=ST, 2=BFcl, 3=GastL, 4=GastM, 5=VL, 6=VM, 7=RF, 8=GlutMax.
- ☐ Opret en ny fil:
 1. Klik på [Sample] → [Sample Configuration] (ny vinduesboks kommer frem)
 2. tjek at indstillingerne for [channels] er: 1=ST, 2=BFcl, 3=GastL, 4=GastM, 5=VL, 6=VM, 7=RF, 8=GlutMax.
 3. Klik på [Automation] → tjek at [Directory Path] er: C:\Data\Hamstring\EMG\
 4. Indtast nyt [Name template]. Name template = filnavn = xx-xxx (initialer-øvelse).
 5. Klik på [OK]
 6. [Maksiner] Log vindue
 7. Klik på ikonet [Sample Now!]
 8. Klik på [Start] for at begynde registrering af EMG-signal
 9. Klik evt. på [Optimize] for at se kurver tydeligere
 10. Klik på [Abort] for at afbryde uden at gemme
 11. Klik på [Stop] → dialogboks [OK] for at stoppe registrering og gemme
- ☐ Opret ny fil for hver enkel øvelse (punkt 1-11)
- ☐ **Luk** programmet
- ☐ **Sluk** computer og a/d transformer
- ☐ **Udtag** batteri fra channelbox

Bilag 4. BIODEX-protokol

Materialer:

BIODEX maskine, computer m. program, to svingarme, diverse remme.

1. **Tænd** BIODEX'en nederst på bagsiden af maskinen
2. Tænd for computeren og skærmen → tryk på F1 → når programmet er startet → klik på ikonet [kraftkurver]
3. Sikr at svingarmen(fodstøtten) er taget af dynanometeret
4. Tryk på [Start] en gang
5. Påsæt svingarmen
6. Tryk på [Start] en gang til
7. Fp placeres i BIODEX'en. Sæde, ryglæn, svingarm og dynanometer indstilles i forhold til Fp. Det er vigtigt at Fp sidder med bagdelen helt tilbage i sædet og at dynanometeret er ud for knæets omdrejningsakse
8. Påbegynd **SETUP**:
9. Sæt svingarmens udslag imod Fp (Range of Motion): hold svingarmen i den ønskede stilling ind mod Fp → tryk på [Limit toward]
10. Sæt svingarmens udslag væk fra Fp (Range of Motion): hold svingarmen i den ønskede stilling ind væk fra Fp → tryk på [Limit away]
11. Vælg **MODE**: tryk på [Passive]
12. Sæt **SPEED**: vælg 60/60 ved brug af [+] og [-]
13. Sæt **TORQUE**: vælg min. 200 ved brug af [+] og [-]
14. **Tryk på [Start]** → svingarmen begynder at bevæge sig (ved højere hastigheder trykkes [Start]en gang til)
15. Tryk på [Hold & resume] (sort knap) for at holde pause
16. Tryk på [Comfort Stop] (rød knap) ved farlige/pludselige situationer
17. **Tryk på [Stop]** for at afslutte
18. For at lave ændringer til SETUP → tryk på [Setup] to gange for at slette indtastede værdier og gentag proceduren fra trin 7-12.
19. **Sluk** BIODEX'en nederst på bagsiden af maskinen.

Justering af BIODEX'en:

Ryglænet kan rykkes frem og tilbage ved at dreje på håndtaget på bagsiden.

Ryglænet kan ligges ned ved at løsne håndtagene på siden nederst på ryglænet.

Sædet kan roteres 360 ° ved at løsne håndtaget lige under sædet.

Sædet kan skubbes ind/ud i forhold til dynanometeret ved at træde ned på fodpedalerne på siden.

Dynanometeret kan flyttes fra side til side ved at træde ned på fodpedalerne på side.

Bilag 5. Grovskitse til testprotokol – intern brug

Materialer

Modtagning:

- ☐ Individuelt skema (øvelsesrækkefølge), spørgeskema og registreringsskema.
- ☐ Kuglepenne

Forsøgslokale:

- ☐ Briks
- ☐ Tape
- ☐ Engangsskraber
- ☐ Sprittusch
- ☐ Skrubbecreme
- ☐ Papir (Køkkenrulle)
- ☐ Kuglepen
- ☐ Vægt, højdemåler
- ☐ Individuelt FP-skema (øvelsesrækkefølge)/ Øvelsesoversigt
- ☐ Noteringsark (til godkendte forsøg, BORG, andet)
- ☐ BORG skala
- ☐ Vand
- ☐ Stol til fp
- ☐ Forsøgsskilt til døren
- ☐ 2 PC'er
- ☐ Analog/digital transformer
- ☐ 2*channelbox
- ☐ 2 batterier til channelbox
- ☐ 8 EMG-ledninger
- ☐ Trigger
- ☐ hudelektroder (17 stk/Fp)
- ☐ Biodex + 2 pedalarme + fikseringsbælter + pude til hofte/under knæ

Øvelser:

- ☐ kettlebells 12+16 kg
- ☐ vægtstang + skiver
- ☐ blå airex måtte + skridsikkert underlag
- ☐ kasse (37,5 cm høj)
- ☐ tapemarkeringer
- ☐ tæppeflis 2stk
- ☐ hofteekstensjonsmaskine (til IMVC m. gastrocnemius måling)
- ☐ bord til hofteekstension
- ☐ Biodex

Overordnet testprotokol

Forkortelser:

Projektansvarlig nr. 1 = PA1

Projektansvarlig nr. 2 = PA2

Projektansvarlig nr. 3 = PA3

Forsøgsperson = FP

Alle computerkommandoer er angivet i [?-tegn].

Alle verbale instrukser er angivet i: "kursiv og anførselstegn"

Velkomst

- ☐ FP ankommer og bydes velkommen
- ☐ Mulighed for omklædning
- ☐ Indsamling af underskrevet samtykkeerklæring
- ☐ FP tilbydes et glas vand og dagens program gennemgås kort

Indledende handlinger

- ☐ FP føres ind i testlokalet
- ☐ Højde og vægt måles og registreres, samt ømhed i haserne.
- ☐ FP vælger en konvolut, der udpeger øvelsesrækkefølgen (øvelsesoversigt)

Præparering af og elektrodepåsætning

- ☐ Til Fp:

"Læg dig op på briksen på ryggen. Jeg vil nu fremkalde de relevante muskler og markere de områder, hvor elektroderne skal påsættes. Derefter vil jeg barbære områderne, rense huden og påsætte elektroderne. Bagefter lægger du dig på maven, og så gentager jeg proceduren på bagsiden af dit ben. Du får placeret elektroder 8 forskellige steder – tre på forlåret, to på læg og baglår samt en på balden."

- ☐ Fp placeres på ryggen på briksen.
- ☐ FP's hud klargøres til elektrodepåsætning:
- ☐ Hele benet afsprittes for at fjerne rester af creme og lignende, for at optimere fastgørelsen af tape og elektroder.
- ☐ Områderne, hvor elektroderne skal placeres, markeres med sprittusch og frigøres for behåring ved brug af engangsshaver. Huden skrubbes ved brug afskrubbecreme, til der opstår en let rødmen, for at fjerne døde hudceller.

- ❑ Huden afsprittes igen og tørres efter med tørt køkkenrulle, så huden ikke er våd når elektroderne skal sættes på.
- ❑ Elektroderne påsættes udfra SENIAM's anvisninger samt muskelfremkaldelse på musklerne på FP's venstre ben:
 - M. Quadriceps vastus lateralis (knæ ekstention)
 - M. Quadriceps vastus medialis (knæ ekstention)
 - M. Quadriceps rectus femoris (knæ ekstention)
 - M. Gastrocnemius lateralis (plantarflex med fuld ekstention i knæet)
 - M. Gastrocnemius medialis (plantarflex med fuld ekstention i knæet)
 - M. Biceps femoris caput longum (flexion i knæet + udadrotation)
 - M. Semitendinosus (flexion i knæet + indadrotation)
 - M. Glut. Max (hofteekstention med flekteret knæ)
- ❑ Der påsættes en reference elektrode på tibia for at opsamle eventuel baggrundsstøj.
- ❑ Modstanden/impedancen mellem elektroderne måles. Denne skal være under 50 kΩ. Hvis den er over 50 kΩ tages elektroderne af, der skrubbes igen og sprittes af og nye elektroder sættes på.
- ❑ Elektroderne fastgøres med ekstra tape.

Sensor- og elektrodepåsætning

- ❑ Fp føres over til "forsøgsbordet"
- ❑ Først påsættes 3 vinkelmarkører: På SIAS, ca. 5 cm over knæet lateralt og caput fibula på venstre UE. Fastgør med ekstra tape.
- ❑ Derefter kobles elektroderne med ledningerne. Fastgør med ekstra tape.
 - ledning 1 til m. Semitendinosus
 - ledning 2 til m. Biceps femoris caput longum
 - ledning 3 til m. Gastrocnemius lateralis
 - ledning 4 til m. Gastrocnemius medialis
 - ledning 5 til m. Vastus lateralis
 - ledning 6 til m. Vastus medialis
 - ledning 7 til m. Rectus femoris
 - ledning 8 til m. Glut. max
- ❑ Referenceelektroden fastgøres til ledning 3.
- ❑ Fp tager en dyb knæbøjning for at tjekke at elektroderne og vinkelmarkørerne bliver siddende og ikke genere.

- ❑ Tjek EMG-signalerne
- ❑ Mål nulstilling af ledvinkler (Fp står almindeligt op foran ”boksen”)

Udstyrsklargøring

- ❑ BIODEx (se separat protokol)
- ❑ Tænd computer og a/d transformer
- ❑ Isæt batteri i channelbox’ene
- ❑ Åbn programmet Cubes
- ❑ Åbn programmet Spike2 version 5.13.
- ❑ Opret en individuel testfil i hvert program (initialer: xx – øvelse: xxx). Der oprettes og gemmes en ny fil for hver enkel øvelse.
- ❑ Se også separat computer protokol.
- ❑ Tjek EMG-signalerne på computeren

Instruktion og opvarmning

Fp informeres om forsøgets forløb.

”Du skal nu i gang med selve forsøget. Du skal igennem 18 øvelser, hvor vi har fokus på hvordan og hvor meget aktivitet, der er i primært baglåsrets muskulatur. Du vil blive forevist og instrueret i hver øvelse, samt få et prøveforsøg. Nu vil vi starte med at varme op med 3 forskellige øvelser.”

- ❑ Opvarmning:
 - Hofteekstention, 2x5 uden vægt.
 - Hofteextension, 1x5 med en vægtstang på 13,3 kg.
 - Dødløft, 3x3 med stigende belastning hvor 12 RM estimeres.
 - Kettlebell-sving, 1x8 med 12 kg og 1x8 med 16 kg.

Selve testen

- ❑ Måling af maximal voluntary isometric contraction (MVIC) på udvalgte muskler til referencebrug:
 - m. Gastrocnemius (plantarflex (tåhævning) mod stationær modstand) – stå ved hofteekstensjonsmaskine på lille forhøjning. Hold i håndtagene så man holder imod med strakte arme, mens man prøver at plantarfleksterer.
 - m. Semitendinosus og m. Biceps femoris (knæflexion mod statisk modstand) – fremliggende i biodex, knævinkel på 45°.

- m. Quadriceps (knæekstention mod statisk modstand) – fremliggende i biodex, knævinkel på 45°.
 - m. Glut. Max (hofteekstention mod stationær modstand) – fremliggende biodex med flekteret knæ ca. 90 ° og bælte fastspændt over baglåret → løft fod op mod loftet.
- Fp instrueres i at hun skal have fokus på kvaliteten i øvelserne, f.eks. styring af knæet, land nede i knæ i hinkeøvelser samt have ret ryg.
 - Testen begynder. Øvelserne startes i den rækkefølge der er beskrevet i konvolutten (se separat skema).
 - Der vil blive heppet undervejs og testpersonen roses for god udførelse.
 - Øvelserne:
 - Øvelse nr. 1
 - Opret ny fil (xx-xxx)
 - Klargør øvelse (kontrol på ledninger, materialer)
 - Instruktion + forevisning
 - prøveforsøg
 - Start optagelse
 - godkendte forsøg med trigger (**trig på 3 og på stop**)
 - stop optagelse
 - Pause på 2 min inden næste øvelse
 - Øvelse nr. 2
 - Opret ny fil (xx-xxx)
 - Klargør øvelse (, kontrol på ledninger, materialer)
 - Instruktion + forevisning
 - prøveforsøg
 - Start optagelse
 - godkendte forsøg med trigger (**trig på 3 og på stop**)
 - stop optagelse
 - Pause på 2 min inden næste øvelse
 - Øvelse nr. ...

Afrunding

- Måling af nulstilling igen, samme procedure som tidligere.
- Instruktion i Borg-skala samt Fp's vurdering af udmattelse i venstre hase på BORG-skala.

”Du skal nu vurdere din udmattelse i din venstre hase ud fra denne skala. Kig først på udtrykkene og find ud af hvad der ca. passer til din oplevelse. Find derefter det matchende tal”

- ☐ Afmontering af elektroder, vinkelmarkører og tape.
- ☐ Journalspørgsmål udleveres og besvares selvstændigt af Fp. Hjælp fra PA’erne, hvis nødvendigt.
- ☐ FP tilbydes noget at drikke, et stykke frugt og kiks.
- ☐ Tak for hjælpen!

Bilag 6. Brev til forsøgspersoner

Østerbro, oktober 2009

Måling af muskelaktiviteten i haserne hos kvindelige elite håndbold- og fodboldspillere under udvalgte træningsøvelser.

Kære forsøgsperson

Du bedes venligst læse dette velkomstbrev inden testdagen. Der vil i de følgende afsnit være informationer om baggrunden for projektet, hvad det indeholder og hvad du skal medbringe på testdagen.

Vi er tre fysioterapeutstuderende fra Fysioterapeutsolen i København, som er i gang med vores afsluttende bachelorprojekt. Projektet omhandler analyse af udvalgte haseøvelser mhp. forebyggelse af korsbåndsskader.

Baggrund for forsøget:

Risikoen for at pådrage sig en korsbåndsskade indenfor kvindehåndbold- og fodbold er stor, og ca. 2-8 gange højere end hos mændene.

Et nyt studie har vist at specielt nedsat aktivitet i hasemusklene ved landing og retningskift øger skadesrisikoen. Derfor vil vi i vores projekt kortlægge muskelaktiviteten i haserne under 12 forskellige træningsøvelser. Vi håber derved at kunne finde frem til de øvelser, der bedst muligt aktiverer haserne og på den måde forebygger forreste korsbåndsskader optimalt.

Inklusionskriterier:

For at kunne deltage i projektet skal du opfylde følgende krav:

- Være over 18 år og kvinde.
- Du må ikke have haft alvorlige knæskader (i korsbånd, menisk eller ledbånd).
- Du skal være skadesfri på testtidspunktet.
- Hvis du har haft skader i benene indenfor det sidste år, bedes du kontakte en af de undertegnede, da vi så vil vurdere om du kan indgå i forsøget.
- Er du fodboldspiller skal du spille i 3F-ligaen.
- Er du håndboldspiller skal du spille enten i 1.division eller ligaen.

Eksklusionskriterier:

Vi forbeholder vi os ret til at ekskludere dig, hvis du ikke opfylder vores inklusionskriterier.

Hvad indebærer din deltagelse?

Du skal testes 1 gang af ca. 1 ½ times varighed.

Vi ønsker at måle din muskelaktivitet under de udvalgte øvelser, og du vil derfor inden forsøgets start få påsat elektroder på for- og baglår. Metoden kaldes overflade EMG (elektromyografi) og er ikke forbundet med ubehag, da elektroderne påføres ligesom et plaster på huden.

Testdagen:

På selve testdagen møder du omklædt til aftalt tid på Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø. Der vil her være mulighed for omklædning, samt bad efter behov.

Når du ankommer, vil du få udleveret en journal hvori du skal svare på nogle få spørgsmål vedrørende dig selv og din træning. Herefter vil du få påsat elektroderne inden du starter med opvarmning og udførelse af de udvalgte øvelser. Du vil inden hver øvelse få en standardiseret instruktion, samt en forevisning af hvordan øvelsen udføres korrekt. Testen er designet således, at du ikke bliver udtrættet i løbet af øvelsesprogrammet. Du skal dog være forberedt på, at der kan opstå ømhed i musklerne i dagene efter forsøget.

Elektroderne opsamler alt data og overfører det til en computer, hvorefter vi kan følge hvor meget dine haser aktiveres under de forskellige øvelser.

Du må ikke have trænet samme dag inden testen.

Til testdagen bedes du **medbringe** følgende:

- Håndbold/indendørs sko
- Korte shorts (da der skal sættes elektroder på låret)

Praktisk:

Du skal møde op **1 enkelt gang** på Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA), Lersø Parkallé 105, 2100 København Ø. Her vil du blive modtaget af undertegnede.

Selvom du er blevet inkluderet i forsøget og har underskrevet en samtykkeerklæring, kan du til hver en tid trække dit tilsagn tilbage og forlade projektet uden at skulle begrunde din beslutning. Dette vil hverken påvirke dit fremtidige såvel som dit nuværende forhold til de involverede steder eller personer.

Projektet er omfattet af tavshedspligten for alle de involverede, og informationer om dit helbred og dine private forhold, samt andre fortrolige oplysninger der fremkommer i løbet af din deltagelse, er således også indbefattet. I det færdige projekt vil du være fuldt anonymiseret. Derudover har du som forsøgsperson ret til aktindsigt, samt til at blive informeret, hvis der i løbet af projektet opstår risici, komplikationer, ulemper eller effekt af det, eller hvis der sker væsentlige ændringer i testdesignet.

Efter vi har færdiggjort vores projekt, vil der være mulighed for at få oplyst personlige resultater samt konklusionen på studiet, hvis dette ønskes.

Har du nogen spørgsmål er du meget velkommen til at kontakte os for yderligere information.

Med Venlig hilsen

Maria Højland, Tanja L. Jensen, Tine Cederkvist Viskær

Overordnet projektansvarlig:

Mette Zebis, PhD, Cand.Scient.

Kontakt:

Maria Højland:	Maria_hoejland@hotmail.com	Tlf: 2261 9649
Tanja Jensen:	tanjaljensen@yahoo.dk	Tlf: 3023 9024
Tine Cederkvist Viskær:	tcederkvi@hotmail.com	Tlf: 2264 2345

Bilag 7. Forsøgspersoners rettigheder.

DEN CENTRALE
VIDENSKABSETISKE
KOMITÉ

The Danish National Committee
for Biomedical Research Ethics

Til deltagere i biomedicinske forskningsprojekter

Slotsholmsgade 12
DK-1216 København K
Tel +45 3395 5626
Fax +45 3395 5635
cvk@im.dk
www.cvk.im.dk

Dine rettigheder som forsøgsperson i et biomedicinsk forskningsprojekt.

Som deltager i et biomedicinsk forskningsprojekt skal du vide at :

- din deltagelse i forskningsprojektet er helt frivillig og kun kan ske efter, at du har fået både skriftlig og mundtlig information om forskningsprojektet og underskrevet samtykkeerklæringen,
- du til enhver tid mundtligt, skriftligt eller ved anden klar tilkendegivelse kan trække dit samtykke til deltagelse tilbage og udtræde af forskningsprojektet. Såfremt du trækker dit samtykke tilbage påvirker dette ikke din ret til nuværende eller fremtidig behandling eller andre rettigheder, som du måtte have,
- du har ret til at tage et familiemedlem, en ven eller en bekendt med til informationssamtalen,
- du har ret til betænkningstid, før du underskriver samtykkeerklæringen
- oplysninger om dine helbredsforhold, øvrige rent private forhold og andre fortrolige oplysninger om dig, som fremkommer i forbindelse med forskningsprojektet, er omfattet af tavshedspligt,
- opbevaringen af oplysninger om dig, herunder oplysninger i væv, blodprøver, der hidrører fra dig, sker efter reglerne i lov om behandling af personoplysninger og lov om patienters retsstilling
- der er mulighed for at få aktindsigt i forsøgsprotokoller efter offentlighedslovens bestemmelser herom. Det vil sige, at du kan få adgang til at se alle papirer vedrørende din deltagelse i forsøget, bortset fra de dele, som indeholder forretningshemmeligheder eller fortrolige oplysninger om andre.
- der er klageadgang, muligheder for erstatning efter patientforsikringsloven eller lov om erstatning for lægemiddelskader samt anden kompensation ved skader som følge af forskningsprojektet.

(Ovenstående tillæg er udgivet af Den Centrale Videnskabsetiske komité og skal vedhæftes den skriftlige information om det biomedicinske forskningsprojekt)

Bilag 8. Samtykkeerklæring

DEN CENTRALE
VIDENSKABSETISKE
KOMITÉ

The Danish National Committee
on Biomedical Research Ethics

(S1)

Informeret samtykke til deltagelse i et biomedicinsk forskningsprojekt.

Forskningsprojektets titel:

Erklæring fra forsøgspersonen:

Jeg har fået skriftlig og mundtlig information og jeg ved nok om formål, metode, fordele og ulemper til at sige ja til at deltage.

Jeg ved, at det er frivilligt at deltage, og at jeg altid kan trække mit samtykke tilbage uden at miste mine nuværende eller fremtidige rettigheder til behandling.

Jeg giver samtykke til, at deltage i forskningsprojektet og har fået en kopi af dette samtykkeark samt en kopi af den skriftlige information om projektet til eget brug.

Forsøgspersonens navn: _____

Dato: _____ Underskrift: _____

Ønsker De at blive informeret om forskningsprojektets resultat samt eventuelle konsekvenser for Dem?:

Ja _____ (sæt x) Nej _____ (sæt x)

Erklæring fra den forsøgsansvarlige:

Jeg erklærer, at forsøgspersonen har modtaget mundtlig og skriftlig information om forsøget og har haft mulighed for at stille spørgsmål til mig.

Efter min overbevisning er der givet tilstrækkelig information til, at der kan træffes beslutning om deltagelse i forsøget.

Den forsøgsansvarliges navn:

Dato: _____ Underskrift: _____

Projektidentifikation: (Fx komiteens Projekt-ID, EudraCT nr., versions nr./dato eller lign.)

Bilag 9. MVIC udførelse

Udgangsstilling: Læg dig på maven i biodexen med knæene ud over kanten.

Udførelse: Bøj i knæet, ligesom du ville trække hælen op mod balden., så du presser maksimalt imod armen. Sørg for at hoften forbliver i underlaget under hele udførelsen.

Prøveforsøg.

"Klar til test?", "1, 2, 3 nu"



Måling af maksimal volontær isometrisk kontraktion (MVIC).

Bilag 10. Spørgeskema

Navn:

Initialer:

Alder:

- Hvor mange år har du dyrket håndbold/fodbold?
- I hvilken række/liga spiller du?
- Hvor mange gange om ugen træner du med bold, inkl. kamp?
- Hvor mange gange om ugen styrketræner du?
- I hvor mange år har du styrketrænet?
- Hvilken position har du på banen?
- Hvad er din skudarm (håndboldspillere) / skudben (fodboldspillere)? Højre / Venstre
- Har du været skadet i benene?

Hvis ja, hvilken skade og hvor længe siden?

- Hvornår har du sidst trænet (dage/timer)?
- Har du oplevet nogen skader siden intro-gangen?
- Hvor stabilt føler du at dit venstre knæ er under et retningsskift/finte, vurderet på en skala fra 0-10, hvor 0 er ingen stabilitet overhovedet og 10 er total stabilitet.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(sæt ring)

- Hvor stabilt føler du at din venstre ankel er i et retningsskift/finte, vurderet på en skala fra 0-10, hvor 0 er ingen stabilitet overhovedet og 10 er total stabilitet.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(sæt ring)

- Hvor mange smerter har du i dit venstre knæ dagen efter en kamp, vurderet på en skala fra 0-10, hvor 0 er ingen smerte og 10 er den værst tænkelige smerte?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(sæt ring)

Bilag 11: Øvelsesinstruktioner

Hink frem:

Udgangsstilling: "Stå på dit venstre ben lige bagved krydset".

Udførelse: "Hink herfra hen på markeringen. Land på hele fodballen og find balancen. Bliv stående til jeg siger stop. Hav fokus på at lande lydløst, nede i knæ og sørg for at knæ og tæer peger i samme retning. Du får først et prøvoforsøg og skal derefter udføre øvelsen tre gange".

PRØVEFORSØG

"Klar til test? 1 2 3 NU!"

Hink hen på måtte:

Udgangsstilling: "Stå på dit venstre ben lige bagved krydset".

Udførelse: "Hink herfra hen på airex balancepuden. Land på hele fodballen og find balancen. Bliv stående til jeg siger stop. Hav fokus på at lande nede i knæ og sørg for at knæ og tæer peger i samme retning. Du får først et prøvoforsøg og skal derefter udføre øvelsen én gang".

PRØVEFORSØG

"Klar til test? 1 2 3 NU!"

Dropjump:

Udgangsstilling: "Stå på kassen på dit venstre ben med tæerne ud til kanten".

Udførelse: "Hink herfra ned på airex balancepuden og hop med det samme så højt som muligt lige op i luften. Land på fodballen og find balancen. Bliv stående til jeg siger stop. Hav fokus på at lande langt nede i knæ og sørg for at knæ og tæer peger i samme retning. Du får først et prøvoforsøg og skal derefter udføre øvelsen én gang".

PRØVEFORSØG

"Klar til test? 1 2 3 NU!"

Hink medialt:

Udgangsstilling: "Stå på dit venstre ben på markeringen længst til venstre".

Udførelse: "Hink til højre. Land på hele fodballen og find balancen. Hav fokus på at lande lydløst, langt nede i knæ og sørg for at knæ og tæer peger i samme retning. Du skal have blive stående efter landingen, til jeg siger stop. Du får først et prøvoforsøg og skal derefter udføre øvelsen tre gange".

PRØVEFORSØG

"Klar til test? 1 2 3 NU!"

Tæppeflis:

Udgangsstilling: "Læg dig på ryggen med armene ned langs siden og placer din venstre fod på tæppeflisen. Stræk modsatte ben og hold det parallelt med dit venstre lår. Hold bækkenet lige og løft det op mod loftet".

Udførelse: "Bøj og stræk benet så meget så muligt. Du får først et prøvoforsøg og skal derefter udføre øvelsen tre gange én gang".

PRØVEFORSØG

"Klar til test? 1 2 3 NU!"

Nordic Hamstring:

Udgangsstilling: "Stil dig på knæene på balancepuden med tæerne i gulvet. Hold håndfladerne fremadrettet ud for skuldrende".

Udførelse: "Hold dig stiv som et bræt og læn dig langsomt fremover. Sørg for at holde hoften strakt under hele øvelsen. Tag imod med armene på gulvet, når du ikke længere kan holde igen. Du får først et prøvoforsøg og skal derefter udføre øvelsen tre gange".

PRØVEFORSØG

Klar til test? "1 2 3 NU!"

Dødløft:

Udgangsstilling: "Stå med fødderne i hoftebredde. Vi vil så løfte vægtstangen op til dig".

Udførelse: "Før vægtstangen ned langs benene ved at bøje i hoften og skyde rumpen bagud. Sørg for at holde ryggen ret og benene så strakt så muligt under hele udførelsen. Når du ikke kan komme længere ned med ret ryg, vender du hurtigt og kontrolleret tilbage til udgangsstillingen. Du får først et prøvoforsøg og skal derefter udføre øvelsen tre gange".

PRØVEFORSØG

"Klar til test? 1 2 3 NU!"

Kettlebell

Udgangsstilling: "Stå med fødderne i skulderbredde med kettlebell'en mellem fødderne. Hold ryggen ret og bøj ned i knæene og saml kettlebell'en op".

Udførelse: "Hold ryggen ret, bøj i hoften og pres kettlebell'en bagud mellem benene. Skyd herfra hoften eksplosivt frem, så kettlebell'en svinges opad. Når kettlebell'en er på vej ned bøjes i hofterne lige inden dine arme rammer dine lår. Hold benene så strakt så muligt. Gentag øvelsen 2 gange med 8 sving Du får først et prøvoforsøg og skal derefter udføre øvelsen tre gange".

PRØVEFORSØG

"Klar til test? 1 2 3 NU!"

Bilag 12: Øvelsesbeskrivelse

Hink frem:

Udgangsstilling: Stå på venstre ben ved krydset på gulvet.

Udførelse: Hink frem mod markeringen, land nede i knæ, med knæ og tæer i samme retning og find balancen. Bliv stående i 3 sek. Land hver gang på venstre ben og find balancen. x3 godkendte forsøg.

Fokus: Knæ og tæer peger samme retning.

Progression: Hop på ustabilt underlag.

Fejlforsøg: Hvis forsøgspersonen laver mellemhop med venstre fod ved landing, eller hvis forsøgspersonen sætter højre fod i gulvet inden projektansvarlig har sagt "stop".

Ros: Der roses ved god udførelse og opmuntres ved fejlforsøg.

Hink hen på måtte:

Udgangsstilling: Stå på venstre ben ved krydset på gulvet.

Udførelse: Hink hen på airex balancepuden. Land på venstre ben, nede i knæ, med knæ og tæer i samme retning og find balancen. Bliv stående i 3 sek. x1 godkendt.

Fokus: Knæ og tæer peger samme retning.

Afstand fra tåspids til balancepude: 70 cm.

Progression: Længere afstand mellem testperson og måtte eller træningsvægte i hænderne.

Fejlforsøg: Hvis hele forsøgspersonens fod eller en del af foden lander udenfor balancepuden og hvis forsøgspersonen ikke kan opretholde balancen på en fod ved landing.

Ros: Der roses ved god udførelse og opmuntres ved fejlforsøg.

Dropjump:

Udgangsstilling: Stå på kasse på venstre ben med tæerne ud til kanten.

Udførelse: Hop herfra ned og land på venstre ben på airex balancepuden og hop med det samme så højt som muligt lige op i luften. Land igen på den balancepuden, nede i knæ og find balancen. Knæ og tæer skal pege i samme retning. Bliv stående i 3 sek. x1 godkendt.

Fokus: Knæ og tæer peger samme retning.

Afstand fra kasse til balancepude: 30 cm.

Højde på kasse: 37,5 cm.

Progression: Højere kasse eller træningsvægte i hænderne.

Regression: Hop på 2 ben.

Fejlforsøg: Hvis hele forsøgspersonens fod eller en del af foden lander udenfor balancepuden, og hvis forsøgspersonen ikke kan opretholde balancen på en fod ved landing.

Ros: Der roses ved god udførelse og opmuntres ved fejlforsøg.

Hink medalt:

Udgangsstilling: Stå på venstre ben på krydset længst til venstre.

Udførelse: Hink til højre. Land nede i knæ på krydset, med knæ og tæer i samme retning og find balancen. Bliv stående i 3 sek. x3 godkendte.

Fokus: Knæ og tæer peger samme retning.

Progression: Ustabilt underlag, længere afstand mellem krydsene, hink over top/bold.

Fejlforsøg: Hvis forsøgspersonen laver mellemløb med venstre fod ved landing, eller hvis forsøgspersonen sætter højre fod i gulvet inden projektansvarlig har sagt "stop".

Ros: Der roses ved god udførelse og opmuntres ved fejlforsøg.

Tæppeflis:

Udgangsstilling: Rygliggende med armene ned langs siden. Venstre fod placeres på en tæppeflis.

Bækkenet løftes fra gulvet, så hoften er strakt. Bækkenet holdes stabilt, så der er en vandret linie mellem SIAS gennem hele øvelsen. Højre ben holdes parallelt med venstre lår.

Udførelse: Venstre ben strækkes og bøjes så meget som muligt. x1 godkendt.

Fejlforsøg: Hvis bækkenet holdes skævt, bækkenet sænkes mod gulvet under øvelsen, samt hvis en tæppeflis glider væk under foden.

Ros: Der roses ved god udførelse og opmuntres ved fejlforsøg.

Nordic Hamstring

Udgangsstilling: Knæstående på en airex balancepude med håndfladerne fremadvendt udfor skuldrene. Projektansvarlig fikserer underbenene ved at holde godt fast om anklerne. Ankelleddet er dorsalflekteret.

Udførelse: Læn dig langsomt fremover i et jævnt tempo. Hold igen ved at bruge muskulaturen på bagsiden af låret. Igennem hele øvelsen holdes ryggen ret og hoften strakt. Tag imod med armene på gulvet, når du ikke længere kan holde igen. Vend tilbage til udgangsstillingen. x3 godkendte forsøg.

Progression: øge antal repetitioner, holde stillingen eller ved muskelkraft vend tilbage til udgangsstillingen.

Variation: Sæt af med hænderne på gulvet og "grib" øvelsen igen med baglårsmusklerne og vend tilbage til udgangsstilling.

Fejlforsøg: Ved $>0^\circ$ flexion i hoften eller hvis tæerne løftes fra gulvet.

Hep: "Hold Hold hold hold" heppes under hele kontraktionen.

Dødløft:

Udgangsstilling: Stå med fødderne i hoftebredde og hold ryggen ret. Projektansvarlig 1 og 2 løfter vægtstangen op til forsøgspersonen.

Udførelse: Fra udgangsstillingen føres vægtstangen roligt ned langs lårene mod gulvet ved at bøje i hoften. Bibehold den rette stilling i ryggen under hele udførelsen ved udelukkende at lade bevægelsen ske omkring hoften. Hold så vidt muligt knæene strakte. Når man ikke kan komme længere ned ved korrekt udførelse, vendes hurtigt og kontrolleret tilbage til udgangsstillingen, x3 godkendte forsøg.

Tempo: Hurtigt og kontrolleret op og roligt ned.

Progression: Tungere vægte

Alternativt: Dødløft med bøjede ben, sumo-dødløft

Fejlforsøg: Hvis forsøgspersonen flekterer knæene $> 15^\circ$ eller ikke holder ryggen ret.

Ros: Der roses ved god udførelse og opmuntres ved fejlforsøg.

Kettlebell

Udgangsstilling: Stå med fødderne i skulderbredde, tæerne pegende lige frem og med kettlebell'en placeres foran fødderne. Ryggen holdes ret, knæene bøjes, der tages fat med begge hænder i overhåndsgreb i kettlebell'en og den løftes op. Stå i oprejst stilling. Cervikal columna holdes så vidt muligt er i direkte forlængelse af resten af columna.

Udførelse: Skub numsen bagud, så bøjningen sker i hoften. Første gang kettlebell'en skal i sving, "trykkes" den let bagud mellem knæene. Herfra spændes i balder, lår og mave, så "hoften skydes eksplosivt frem" og kettlebell'en automatisk svinges opad/fremad. Fokuser på at armene er strakte og er afslappede. Kettlebell'en svinges om muligt op til skulderhøjde. Knæ- og hofteled er strakt i denne position. Når kettlebell'en er på vej ned og er nede ved knæene, bøjes hoften, og kettlebell'en svinges ind mellem dem. Vendingen foretages eksplosivt. Det er vigtigt ryggen er ret under hele øvelsen og skuldrene holdes tilbage/nede. 2x8 sving, som er godkendte.

Tempo: Hoften skydes eksplosivt frem.

Progression: Tungere vægt, en-arms sving.

Fejlforsøg: Hvis forsøgspersonen flekterer knæene $> 20^\circ$, ikke holder ryggen ret eller "løfter" kettlebell'en med armene.

Ros: Der roses ved god udførelse og opmuntres ved fejlforsøg.

Bilag 13. Søgematrix

Eksempler på søgeord:

Handball	Electromyography
Soccer	Prophylactic - MESH
Injur*	semitendinosus
Anterior cruciate ligament	strength exercise
Neuromuscular training	Female*
Physio*	Hamstring*
Kettlebell	

 NCBI Resources ☒ How To ☒

My NCBI | Sign


U.S. National Library of Medicine
National Institutes of Health

Search: PubMed

Details Help

Search Preview Clear

Advanced Search

✓ Query #12 deleted.

Search History

- Search History will be lost after eight hours of inactivity.
- Search numbers may not be continuous; all searches are represented.
- To save search indefinitely, click query # and select Save in My NCBI.
- To combine searches use #search, e.g., #2 AND #3 or click query # for more options.

Search	Most Recent Queries	Time	Result
#19	Search (#18) AND #8 Limits: Humans	14:33:54	4
#18	Search (#17) AND #6 Limits: Humans	14:33:10	340
#17	Search ("2005"[Publication Date] : "3000"[Publication Date]) AND (#5) Limits: Humans	14:32:30	1996
#16	Search "emg activity"	14:29:40	4386
#11	Search prevention	14:11:02	956676
#10	Search "female athletes"	14:10:19	1093
#8	Search "neuromuscular training"	14:09:36	98
#6	Search hamstring	14:08:41	2364
#5	Search "Anterior Cruciate Ligament"[Mesh]	14:07:55	6846
#2	Search physiotherapy	14:07:04	104549
#1	Search "physical therapy"	14:06:45	36469

Less History

Clear History