

**Kandidatuddannelsen i Fysioterapi, SDU****Standardforside til skriftligt arbejde****(eksamensopgaver, synopser, projektbeskrivelser mm)****Modultitel:****Undersøgelse og rehabilitering af muskel-skader – i relation til idræt****Navn:****Kasper Sass Kierkegaard****Eksamensnr.****423746****Uddannelse:****Kandidatuddannelsen i Fysioterapi****Semester:****3. semester 2017****Opgavetype:****Synopsis****Vejleder:****Antal anslag (inklusive mellemrum):****18.282****Afleveret den:****30. oktober 2017****Udlån:** Ja  Nej**(til brug for underviser i undervisningsøjemed)**

## Indhold

Indledning .....	3
Introduktion af case.....	3
Funktionel anatomi, fysiologi og biomekanik .....	3
Opbygning af m. biceps femoris .....	3
Væsentlige omgivende strukturer.....	5
Fysiologiske og anatomiske faktorer.....	5
Diagnostisering af akut muskelskade i hasemuskulaturen .....	6
Behandling og Rehabilitering .....	8
Gennemgang af Casen .....	10
Klinisk undersøgelse .....	10
Tiltag .....	10
Evaluering under forløbet .....	11
Referencer .....	12

## Indledning

Akutte muskelskader i hasemuskulaturen (HSI, Hamstring Strain Injury), er en af de hyppigst forekommende skader i forskellige former for sport involverende sprint-løb (*Askling et al, 2014(sprint/spring); Brooks et al, 2006 (rugby); Ekstrand et al, 2012 (fodbold), Freeley et al, 2008 (Amerikansk fodbold)*).

83-84% af alle tilfælde af HSI involverer m. biceps femoris (*Ekstrand et al, 2012; Ekstrand et. al, 2016*) og kan typisk lokaliseres til den proximale del af m. biceps femoris' lange hoved (*Askling et al, 2007*). 11-12% af HSI involverer m. semimembranosus og 4-5% m. semitendinosus (*Ekstrand et al, 2012, Ekstrand et. al, 2016*). En HSI betyder en periode på 5 dage (*Wangensteen et al, 2016*) og op imod 16 uger (*Askling et al, 2007*) før man blot er tilbage i sporten igen. Hos elite-sprintere rapporteres om perioder helt op til 33 uger før tilbage til niveau som før skaden (*Askling et al, 2007*). Reskaderaten ses helt op til 11 gange så høj som for ikke tidligere HSI-skadede fodboldspillere (*Arnason et. al, 2004*), og over halvdelen (58,6%) af fodboldspillere med HSI-tilfælde kan findes at have haft en HSI i foregående sæson (*Schneider-Kolsky et. al, 2006*).

## Introduktion af case

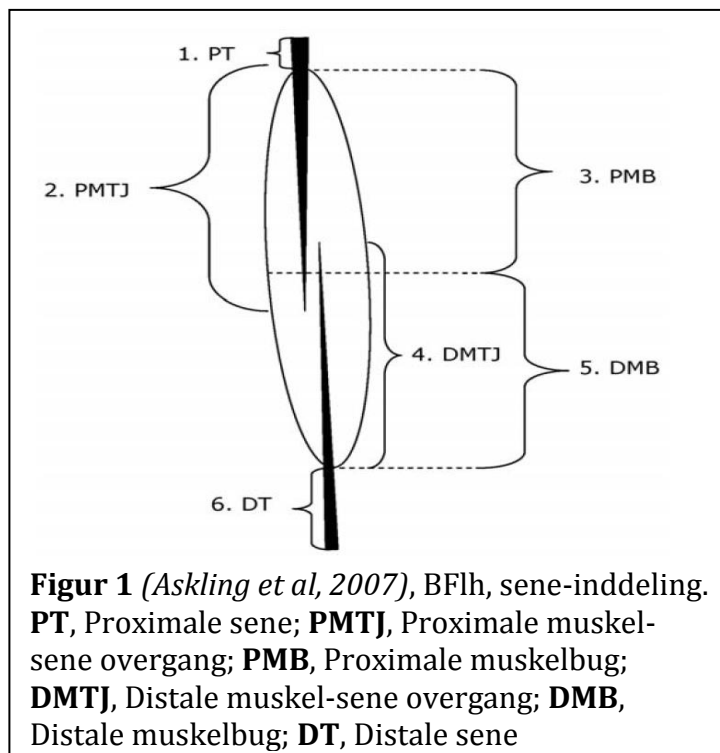
En 42-årig mandlig kontorarbejder (SMF), henvender sig med pludselig opstået smerter posterio-lateral på højre femur, i forbindelse med sprint i en fodbold-kamp. Symptomerne, som er smertemæssigt værst ved belastning, har stået på de sidste 5 dage, og hindrer alt træning. Ligeledes går SMF haltende, og kan ikke afvikle ordentligt med benet. SMF har spillet ”for sjov” siden ungdomsårene, og træner nu 2 gange fodbold om ugen plus eventuelt kamp, foruden 2 ugentlige løbeture, og en generelt aktiv hverdag.

## Funktionel anatomi, fysiologi og biomekanik

### Opbygning af m. biceps femoris

Hasemuskulaturen sammensættes anatomisk af 3 muskler: m. biceps femoris (BF), m. semitendinosus (ST) og m. semimembranosus (SM) (*Dolman et. al 2014*).

M. biceps femoris er genstand for op imod 85% af alle HSI-tilfælde (*Ekstrand et al, 2012*). Dens vigtige funktion i forbindelse med sprintløb, og dermed højeste muskelaktivitet, er sidst i svingfasen (*Chumanov et. al, 2007*), hvor den skal arbejde excentrisk og stoppe fremsvinget af underbenet samt i første del af standfasen (*Higashihara et. al, 2015*). Den udspringer med et kort hoved (BFfh), fra linea aspera, den laterale suprakondylare linje på os femoris, og det intramuskulære septum, samt et langt hoved (BFlh) fra en tyk



sene med udgangspunkt fra den mediale del af tuber ischiadicum (*Koulouris & Connell, 2005; Storey et. al, 2016*) (Figur 1). BFfh's proximale aponeurose er meget variabel, og ses med arealer varierende fra 7,5cm<sup>2</sup> til 33,5cm<sup>2</sup> (SD=20,4 ±5,4cm<sup>2</sup>), svarende til 43%-75% af musklens længde (*Evangelidis et al, 2015*). Herfra forløber muskelfibre fra caput longum i musklens længderetning, til overgangen til distal aponeurose og sene 7-10cm proximalt for knæleddet (*Sneath, 1955*). I denne sene tilløber muskelfibre fra m. biceps femoris' korte hoved (*Sneath, 1955; Garrett et. al, 1989*). Insertionssenen forløber på lateralsiden af knæet til hæfte på caput fibulae (*Sneath, 1955 & Tubbs et. al, 2006*), knæets laterale ligamenter (*Sneath, 1955 & Tubbs et. al, 2006*), på tibias laterale condyl (*Sneath, 1955 & Tubbs et. al, 2006*), samt små variationer af tilhæftning på m. popliteus' insertionssene (*Tubbs et. al, 2006*).

Pennationsvinklen for den mere proximale del af BFfh ses højere (23.69±3.82°) og med en længere fascikellængde (7.12±0.48cm) end i den distale del af udspringet (17.78±1.95°; 6.35±0.89cm), hvilket tyder på at musklen ikke kan ses som en uniform enhed (*Kellis et. al, 2010*). Udspring af BFfh bliver typisk brugt som et landmærke for at differentiere imellem den proximale og distale muskel (*De Smet & Best, 2000*).

## Væsentlige omgivende strukturer

M. semitendinosus er lokation for forekomsten af omkring 5% af HSI (*Ekstrand et al, 2012*). Den udspringer ligeledes fra tuber ischiadicum, via samme sene som BFlh, samt øverste del af tuber ischiadicum (*Koulouris & Connell, 2005; Storey et. al, 2016*). Muskelfibrene forløber ligeledes i proximal/distal retning, men i modsætning til BFlh, forløber musklen persterio-medialt på femur, for at inserere i en lang sene, på tibia i pes anserinus, sammen med m. gracilis (*Koulouris & Connell, 2005*).

M. semimembranosus udspringer fra den superio-laterale del af tuber ischiadicum (*Koulouris & Connell, 2005*), og er genstand for omkring 11% af HSI (*Ekstrand et al, 2012*). Musklen er lokaliseret profund for SM i den proximale halvdel af dennes forløb, hvorfra dennes sene lokaliseres medialt for de andre hasemusklers, for at inserere multible steder på den mediale tibiakondyl og den posteriore del af den femorotibiale ledkapsel (*Koulouris & Connell, 2005*).

## Fysiologiske og anatomiske faktorer

Hasemuskulaturen arbejder over både hofte og knæled, og kan i sagens natur forlænges over både hofte og knæ på samme tid, hvilket ses i f.eks. sprint-løb (*Higashihara et. al, 2015*). Forlængelsen ses som den største i BF, sammenlignet med SM og ST, netop i slutningen af svingfasen (*Thelen et. al, 2005*). Denne forlængelse menes at være en medvirkende disponerende årsag til HSI, da forlængelsen nemt kan overstige de mekaniske egenskaber af haserne (*Chumanov et. al, 2007*). I tillæg er de mekaniske kræfter i den forlængende fase af hasemuskulaturen i forbindelse med sprint-løb, fundet dobbelt så store i BF som i ST og SM (*Dolman et. al, 2014*).

Den proximale aponeurose fra BFlh findes med betydelige størrelsesmæssige anatomiske variationer, hvor jo mindre aponeurose, des større disposition for HSI (*Evangilidis et. al, 2015*).

Alder er påvist at være en faktor af disponerende betydning for forekomsten af HSI. Blandt atleter i Australsk fodbold har en alder på  $\geq 25$ år en øget relativ risiko på hele 4.4 gange den af en udøver på  $\leq 20$ år (*Gabbe et. al, 2006*). På fodboldspillere i den engelske Premiere League, ses en øget risiko for HSI på  $\times 1,4-1,78$  for hvert ekstra år (*Arnason et al, 2004; Henderson et. al, 2010*), hvilket bekræfter tendensen. Yderligere ses det at alder spiller ind, på trods af analyser som tager højde for tidligere skader og andre confoundere (*Opar et. al, 2012*).

Forekomsten af tidligere HSI skader, påvirker ligeledes risikoen for re-skade i en negativ retning, med en øget forekomst på mellem 2-11 gange (*Hägglund et. al, 2006; Arnason et. al, 2004*) i forhold til ikke tidligere HSI-skadede fodboldspillere.

træthed og udmattelse mistænkes at øge risikoen for HSI, da man har fundet at forekomsten blev øget i løbet af både 1. og 2. halvvej af professionelle fodboldkampe (*Ekstrand et. al, 2011*).

Nordic Hamstring styrke er en vigtig faktor i forebyggelsen af HSI. Igennem et 10 ugers excentrisk træningsprogram med Nordic Hamstring Øvelse ses en minimeret risiko for skade på blot 3,8 pr. 100 fodboldspillere i løbet af en hel sæson, imod 13,1 pr. 100 spiller i en kontrolgruppe (*Petersen et al, 2011*). Nye forekomster af HSI findes til 3,1 vs. 8,1 pr. 100 spiller pr sæson ved Nordic Hamstring øvelse, samt risikoen for re-skade på 7,1 vs. 45,8 pr. 100 spiller pr. sæson. Høj excentrisk styrke i hasemuskulaturen har en forebyggende effekt på HSI, da excentrisk styrke på under 256N hhv. 337N øger risikoen for HSI med mellem x 2,7 (95% CI, 1,3-5,5, P=0,006) (*Opar et. al, 2015*) og x 4,4 (95% CI, 1,1-17,5) (*Timmins et al, 2016*).

Fascikellængde i BFlh på under 10,56cm er også fundet til at øge risikoen for HSI x 4,1 (95% CI, 1,9-8,7). For hver 0,5cm øget fascikellængde mindskes risikoen for en HSI med 73,9% (*Timmins et. al, 2016*). Disponerende faktorer som alder, og tidligere HSI bliver reduceret, i takt med øget excentrisk hasestykke og øget fascikellængde (*Timmins et. al, 2016*). Fascikellængden i BF ses at kunne øges igennem excentrisk træning (*Potier et al, 2009*), og dermed opnå en mindsket risiko for re-skade (*Timmins et. at, 2016*).

## **Diagnosticering af akut muskelskade i hasemuskulaturen**

En akut opstået smerte i baglåret, med et eventuelt hørbart ”pop”, i forbindelse med specielt sprintløb, spark eller overstræk af baglåret, er tegn på en akut HSI, og behovet for at undersøge for graden og lokationen af vævsskade, med henblik på rehabiliteringsperioden, er mere relevant end behovet for at afdække om der er tale om en HSI (*Heiderscheit et al, 2010*).

Muskelskader, herunder HSI, inddeles i grad I – III, afhængigt af skadens omfang (*Kellett, 1986; Wangensteen et al 2016*), hvoraf grad I er en mild muskelskade, med eventuel lokal smerte når vævet sættes på stress, grad II er af moderat omfang, og aktivitet typisk ophører med oplevelsen af betydelige smerter ved vævsstress, grad III er af svær karakter og involverer en fuld eller næsten fuld

ruptur af muskelen (*Kellett, 1986*). Diagnosen kan sikres ved brug af MR- eller Ultralyds-scanning, hvoraf UL-scanning er at anbefale i den akutte HSI, grundet økonomiske aspekter, men på længere sigt giver MR-scanning mere detaljeret overblik over omfanget (*Connell et al, 2004*).

Aktiv range-of-motion/ Aktiv Straight-Leg-Raise (ASLR) sensitivitet (SN)=55% (*Zeren & Oztekin, 2006*), udmåles i rygliggende med hoften i neutral rotation og strakt knæ. Patienten løfter aktivt det undersøgte ben så højt som muligt. Positiv test ved nedsat ASLR, sammenlignet med raske ben. (*Starkey & Ryan, 2002*)

Passiv range-of-motion / Passiv Straight-Leg-Raise (SLR), SN=57,1% (*Zeren & Oztekin, 2006*), udmåles i rygliggende med hoften i neutral rotation og strakt knæ. Undersøger løfter det undersøgte passive ben så højt som muligt til første vævsstop/smertestop. Positiv test ved nedsat SLR, sammenlignet med raske ben. (*Schneider-Kolsky et al, 2006*)

Taking-of-the-shoe test (TOST), SN=100% (*Zeren & Oztekin, 2006*), udføres i stående position, hvor patienten instrueres i at tage sin sko af, på det afficerede ben, ved brug af modsatte fod, således at hælen placeres i svangen på raske ben som holder på skoen, imens afficerede ben trækker foden ud af skoen. Den forcerede fleksion i knæet tvinger BF til en kontraktion. Positiv test angives ved følelsen af en skarp smerte over den skadede BF-muskel. (*Zeren & Oztekin, 2006*)

Active Knee Ekstension udføres i rygliggende med det skadede ben 90gr bøjet i hoften. En planke holdes under knæet, med let modstand, og patienten instrueres i at strække knæet så meget som muligt, indtil kendte symptomer, med anklen i 90gr. dorsalfleksion, hvorved vinklen noteres. Positiv test ved nedsat AKE, sammenlignet med raske ben. (*Schneider-Kolsky et al, 2006*)

Manuel Muskestyke-test, 15gr/90gr fleksion af hasemuskulaturen udføres i fremliggende stilling, med knæet bøjet 15gr/90gr, så foden præcis er løftet fra underlaget. Herfra bedes patienten holde stillingen, samt sige til hvis der opstår kendte smerter i baglåret. Gradvis øget modstand påføres hælen mod en ekstension af knæet. Positiv test ved kendte smerter som stop. Negativ test ved ingen smerter. (*Schneider-Kolsky et al, 2006*)

En samlet test-pakke bestående af SLR, "Activ Knee Ekstension" (AKE), Manuel muskelstyrke-test af hasemuskulaturen i 15gr knæfleksion hhv. 90gr knæfleksion og "Aktiv slump"-test, ses at have en høj sensitivitet, da den kun overså 3,4% af haseskader som fundet på MR-scanning (*Schneider-Kolsky*

et al, 2006). Inklusionskriteriet i begge undersøgelser (Schneider-Kolsky et al, 2006; Zeren & Oztekin, 2006), er en akut HSI, hvorfor specificiteten ikke er retvisende (Reiman et al, 2013).

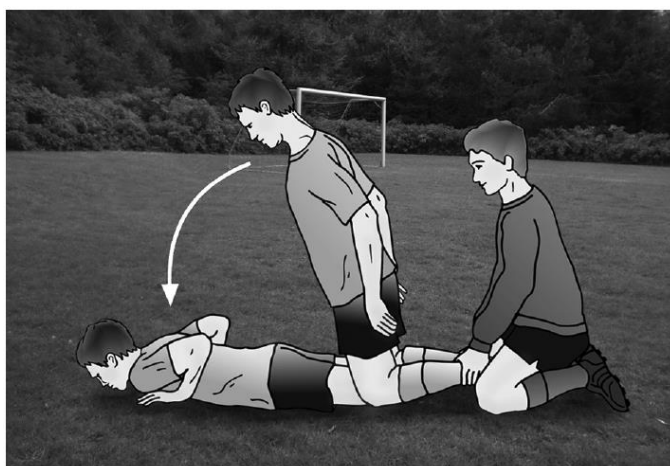
MR-scanning kan benyttes klinisk, for at udelukke totalruptur, men yder ikke ekstra information i forhold til anamnese og fysisk undersøgelse i forhold til return-to-sport og prognose (Wangenstein et. al, 2015).

## Behandling og Rehabilitering

I den tidlige rehabilitering efter HIS, er det væsentligt at der påbegyndes udspænding så tidligt som muligt. Påbegyndelse af udspænding og rehabilitering allerede 2 dage efter den akutte HSI, giver en Return-To-Sport (RTS), på 20 dage tidligere (62,5 vs. 83,0) end sammenlignet med en forsinket rehabilitering som først starter 9 dage efter skaden (Bayer et. al, 2017). Dog anbefales et maksimum af 5 på Numerisk Rangskala (NRS) i forbindelse med udspændingen (Bayer et al, 2017). Udspænding kan med fordel foretages flere gange dagligt for at fremskynde RTS (Milliaropoulos et. al, 2004).

Rehabiliteringen skal have til formål at forlænge muskulaturen i form af excentriske øvelser, frem for den klassiske udspænding og koncentrisk styrketræning (Askling et al, 2014). Øvelser bør forsigtigt øges i intensitet, såvel i form af øget Range-Of-Motion, såvel som belastning (Askling et al, 2014; Bayer et. al, 2017).

Excentrisk træning i form af Nordic Hamstring øvelse (figur 2) har vist at have en god forebyggende effekt på re-skade-raten, når udført efter træningsprotokollen (figur 3), (Petersen et al, 2011) hvorfor denne bør indgå som et tiltag, i den senere rehabilitering.



**Figur 2** (Petersen et al, 2011) Nordic Hamstring Øvelse

Week	Sessions Per Week	Sets and Repetitions
1	1	2 × 5
2	2	2 × 6
3	3	3 × 6-8
4	3	3 × 8-10
5-10	3	3 sets, 12-10-8 reps
10+	1	3 sets, 12-10-8 reps

**Fig. 3** (Petersen et al, 2011) Træningsprotokol for Nordic Hamstring Øvelse



RTS er væsentlig ikke at påbegynde for tidligt, da re-skader forekommer tidligt efter første skade (interval på 20-316dage, median 60 dage) såvel som tidligt efter RTS, med mere end 50% af re-skader som finder sted indenfor de første 25dage efter RTS (*Wangensteen et al, 2016*).

Passive behandlingstiltag som PRP-behandling syntes kun at have en meget lille effekt, på mildere muskelskader, uden at øge re-skade-raten, dog uden signifikant effekt (*Sheth et al, 2017*). Glukokortikoid-injektioner i forbindelse med HSI, syntes at have en positiv effekt på RTS, med 28.0 SD±20dage, i forhold til defensive spillere i NFL (*Drakos et al, 2014*).

Tidspunktet for RTS bør overvejes grundigt og følgende værktøjer kan benyttes i vurderingen:

Askling H-test udføres i rygliggende med overkroppen og raske ben fastgjort til briks. Det skadede ben påføres en skinne for at holde knæet i ekstenderet stilling. Herfra bedes patienten lave en SLR så hurtigt som muligt (uden at risikere at skade sig selv). Hvis der forekommer usikkerhed i forbindelse med dette, forlænges rehabiliteringsperioden inden RTS (*Askling et al, 2010; Askling et al, 2014*)

Excentrisk muskelstyrke skal være over 256N hhv. 337N, da en styrke på under dette, øger risikoen for HSI markant (*Opar et al, 2015; Timmins et al, 2016*).

Løb med tiltagende fart og flere gentagelser, da farten belaster muskel-senekomplekset fra BF mere og mere (*Chumanov et al, 2007*), samt udholdenheden spiller ind på risikoen for skaden (*Ekstrand et al, 2011*)

Numerisk rangskala (NRS) benyttes til monitorering af smerte i forbindelse med rehabiliteringen. Der spørges ind til smerteniveau fra 0 til 10, hvor 0 er ingen smerte og 10 er svarende til værst tænkelige smerte. Angivelsen noteres.

Da isokinetiske muskeltests og fleksibilitet er uden sideforskel efter 20-50 dage efter HSI, uanset anbefales det ikke at benytte isokinetiske muskeltests (*Maniar et al, 2016*), samt 89% af MR-scanninger fortsat viser øget intramuskulært signal, efter endt rehabilitering og igen re-skade efter 2 måneder (*Reurink et al, 2014*), syntes disse ikke at kunne tilføje ekstra information i forhold til RTS. (*Maniar et al, 2016*),

## Gennemgang af Casen

### Klinisk undersøgelse

Ved klinisk undersøgelse findes palpationsømhed svarende til kendte smerter omkring 1/3 proximalt på den laterale hasemusculatur sv.t. m. biceps femoris. Der palperes en tydelig øget tonus af muskulaturen. ROM observeres nedsat i SLR, såvel aktivt som passivt, SMF kan udføre muskeltests på m. biceps femoris, men med smerter som stop. TOST, er smertefuld med jagende smerte i baglåret. På baggrund af anamnese og klinisk undersøgelse, stilles diagnosen stilles muskelskade i BFlh, grad II. Diagnosen sikres og bekræftes ved UL-scanning.

### Tiltag

SMF påbegynder isometrisk udspænding, fra første konsultation (5dage post-HSI), 4 gange dagligt, af hasemuskulaturen med strakt hhv. bøjet knæ, af 30sek varighed, til et maksimum af 5 på NRS. Dette fortsættes igennem hele rehabiliteringsperioden. Samtidig påbegyndes isometrisk kontraktion af hasemuskulaturen i en fremliggende stilling med 90° fleksion i knæet og elastik om anklen. Igennem de næste 2 uger, øges tidsforbruget, samt belastningen i øvelsen, i takt med et maksimum på 3 på NRS under øvelsen, og ingen forværring efterfølgende.

Dynamiske øvelser påbegyndes i form af leg-curl, progredierende fra 3x20RM op til 4x10RM i takt med at SMF kan udføre dette smertefrit, 3 gange om ugen. Excentrisk styrke opstartes 3 uger post-HSI, så snart protokol for Nordic hamstring øvelse, kan udføres smertefrit 2x5 gentagelser.

4 uger post-HSI påbegyndes øvelser med fokus på hastighed i den excentriske fase. Dette udføres i fremliggende stilling på briks med 90° fleksion i knæet, og fødderne ud over kanten. En makker/terapeut skubber foden, ned mod underlaget, og bevægelsen bremses af SMF så tæt på underlaget som muligt. Kraften sættes progredierende op i takt med SMFs følelse af sikkerhed og lyst.

For at vedligeholde generel konditionering, opfordres SMF til at påbegynde rolige løbeture fra 2 uger post-HSI af 15min varighed 3 gange om ugen, progredierende med 5min pr. uge, hvis smertefrit, op til 40min.

Til slut i forløbet afprøves med sprint-løb stigende i intensitet, efter løbetræningen, op imod 10x50m. Herefter opstart af RTS. SMF er tilbage på fodboldbanen uden gener efter 70dage, men fortsætter sin Nordic Hamstring Øvelsesprotokol til ende.

## **Evaluering under forløbet**

NRS benyttes i starten af rehabiliteringsforløbet til at kontrollere progressionen og smerteniveauet. Askling H-test, introduceres da SMF begynder at efterspørge RTS efter en måned, som pædagogisk redskab. I tillæg følges den excentriske styrke, som måles hver 2. uge med dynamometer i Nordic Hamstring (én fod fikseret, én fod med dynamometer), samt den koncentriske med étbens-leg-curl i max-test.

RTS vurderes klar når pt. kan udføre Askling H-test uden usikkerhed, ingen sideforskel har i koncentrisk étbens-leg-curl, kan udføre Nordic Hamstring øvelse uden sideforskel målt med dynamometer, samt kan udføre løbetur på 40min efterfulgt af 10x50m all-out-sprint, uden gener eller behov for at holde igen.

## Referencer

- Arnason, A., Sigurdsson, S.B., Gudmundsson, A., Holme, I, Engebretsen, L. & Bahr, R. 2004. "Risk Factors for Injuries in Football" *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 32, 1 Suppl, pp. S5-S16
- Askling, C.M., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. 2007a. "Acute First-Time Hamstring Strains During High-Speed Running" *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 35, no.2, pp. 197–206.
- Askling, C.M., Nilsson, J. & Thorstensson, A. 2010. "A New hamstring test to complement the common clinical examination before return to sport after injury" *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, vol. 18, pp. 1798-1803.
- Askling C.M., Tengvar, M., Tarassova, O. & Thorstensson, A. 2014. "Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols" *British Journal of Sports Medicine*, vol. 48, pp. 532-539.
- Bayer, M.L., Magnusson, S.P. & Kjaer, M. 2017. "Early versus Delayed Rehabilitation after Acute Muscle Injury" *The New England Journal of Medicine*, vol. 377, no. 13, pp. 1300-1301.
- Brooks, J.H.M., Fuller, C.W., Kemp, S.P.T. & Reddin, D.B. 2006. "Incidence, Risk, and Prevention of Hamstring Muscle Injuries in Professional Rugby Union" *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 34, no. 8, pp. 1297-1306.
- Chumanov, E.S., Heiderscheit, B.C. & Thelen, D.G. 2007. "The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting" *Journal of Biomechanics*, vol. 40, pp. 3555-3563.
- Connell, D.A., Schneider-Kolsky, M.E., Hoving, J.L., Malara, F., Buchbinder, R., Koulouris, G., Burke, F. & Bass, C. 2004. "Longitudinal Study Comparing Sonographic and MRI Assessments of Acute and Healing Hamstring Injuries" *American Journal of Roentgenology*, vol. 183, no. 4, pp. 975-984.
- De Smet, A.A. & Best, T.M. 2000. "MR Imaging of the Distribution and Location of Acute Hamstring Injuries in Athletes" *American Journal of Roentgenology*, vol. 174, no. 2, pp. 393-399.
- Dolman, B., Verrall, G. & Reid, I. 2014. "Physical principles demonstrate that the biceps femoris muscle relative to the other hamstring muscles exerts the most force: implications for hamstring muscle strain injuries" *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, vol. 4, no. 3, pp. 371-377.

- Drakos, M., Birmingham, P., Delos, D., Barnes, R., Murphy, C., Weiss, L. & Warren, R. 2014. "Corticosteroid and Anesthetic Injections for Muscle Strains and Ligament Sprains in the NFL" *The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*, vol. 10, pp. 136-142.
- Ekstrand, J., Häggglund, M. & Waldén, M. 2011. "Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study" *British Journal of Sports Medicine*, vol. 45, pp. 553-558.
- Ekstrand, J., Healy, J.C., Waldén, M., Lee, J.C., English, B. & Häggglund, M. 2012. "Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play" *British Journal of Sports Medicine*, vol. 46, pp. 112-117.
- Ekstrand, J., Lee, J.C. & Healy, J.C. 2016. "MRI findings and return to play in football: a prospective analysis of 255 hamstring injuries in the UEFA Elite Club Injury Study" *British Journal of Sports Medicine*, vol. 50, pp. 738-743.
- Evangelidis, P.E., Massey, G.J., Pain, M.T.G. & Folland, J.P. 2015. "Biceps Femoris Aponeurosis Size: A Potential Risk Factor for Strain Injury?" *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 47, no. 7, pp. 1383-1389.
- Feeley, B.T., Kennelly, S., Barnes, R.P., Muller, M.S., Kelly, B.T., Rodeo, S.A. & Warren, R.F. 2008. "Epidemiology of National Football League Training Camp Injuries From 1998 to 2007" *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 36, no. 8, pp. 1597-1603.
- Gabbe, B.J., Bennell, K.L., Finch, C.F., Wajswelner, H. & Orchard, J.W. 2006. "Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football" *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol. 16, pp. 7-13.
- Garrett W.E. Jr., Rich, F.R., Nikolaou, P.K. & Vogler, J.B. 3<sup>rd</sup>. 1989. "Computed tomography of hamstring muscle strains" *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 21, no. 5, pp. 506-514.
- Heiderscheit, B.C., Sherry, M.A., Silder, A., Chumanov, E.S. & Thelen D.G. 2010. "Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation and Injury Prevention" *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, vol. 40, no. 2, pp. 67-81.
- Henderson, G., Barnes, C.A. & Portas, M.D. 2010. "Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players" *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 13, pp. 397-402.

- Higashihara, A., Nagano, Y., Ono, T. & Fukubayashi, T. 2015. “*Differences in activation properties of the hamstring muscles during overground sprinting*” *Gait & Posture*, vol. 42, no. 3, pp. 360-364.
- Häggglund, M., Waldén, M. & Ekstrand, J. 2006. “*Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons*” *British Journal of Sports Medicine*, vol. 40, pp. 767-772.
- Kellett, J. 1986. “*Acute soft tissue injuries – a review of the literature*” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 18, no. 5, pp. 489-500.
- Kellis, E., Galanis, N., Natsis, K. & Kapetanios, G. 2010. “*Muscle architecture variations along the human semitendinosus and biceps femoris (long head) length*” *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 20, pp. 1237-1243.
- Koulouris, G. & Connell, D. 2005. “*Hamstring Muscle Complex: An Imaging Review*” *Radiographics*, vol. 25, no. 3, pp. 571-586.
- Mainar, N., Shield, A.J., Williams, M.D., Timmins, R.G. & Opar, D.A. 2016. “*Hamstring strength and flexibility after hamstring strain injury: a systematic review and meta-analysis*” *British Journal of Sports Medicine*, vol. 50, pp. 909-920.
- Milliaropoulos, N., Papalexandris, S., Papalada, A. & Papacostas, E. 2004. “*The Role of Stretching in Rehabilitation of Hamstring Injuries: 80 Athletes Follow-Up*” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 36, no. 5, pp. 756-759.
- Opar, D.A., Williams, M.D. & Shield, A.J. 2012. “*Hamstring Strain Injuries: Factors that Lead to Injury and Re-Injury*” *Sports Medicine*, vol. 12, no. 3, pp. 209-226.
- Opar, D.A., Williams, M.D., Timmins, R.G., Hickey, J., Duhig, S.J. & Shield, A.J. 2015. “*Eccentric Hamstring Strength and Hamstring Injury Risk in Australian Footballers*” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 47, no. 4, pp. 857-865.
- Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M.B., Budtz-Jørgensen, E. & Hölmich, P. 2011. “*Preventive Effects of Eccentric Training on Acute Hamstring Injuries on Men’s Soccer*” *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 39, no. 11, pp. 2296-2303.
- Potier, T.G., Alexander, C.M. & Seynnes, O.R. 2009. “*Effects of Eccentric Strength Training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement*” *European Journal of Applied Physiology*, vol. 105, pp. 939-944.

- Reiman, M.P, Loudon, J.K. & Goode, A.P. 2013. “*Diagnostic Accuracy of Clinical Tests for Assessment of Hamstring Injury: A Systematic Review*” *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, vol. 43, no. 4, pp. 222-231.
- Schneider-Kolsky, M.E., Hoving, J.L., Warren, P. & Connell, D.A. 2006. “*A Comparison Between Clinical Assessment and Magnetic Resonance Imaging of Acute Hamstring Injuries*” *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 34, no. 6, pp. 1008-1015.
- Sheth, U., Dwyer, T., Smith, I., Wasserstein, D., Theodoropoulos, J., Takhar, S. & Chahal, J. 2017. “*Does Platelet-Rich Plasma Lead to Earlier Return to Sport When Compared With Conservative Treatment in Acute Muscle Injuries? A Systematic Review and Meta-analysis*” *Arthroscopy*, Article in press.
- Sneath, R.S. 1955. “*The Insertion of the Biceps Femoris*” *Journal of Anatomy*, vol. 89, no. 4, pp. 550-553.
- Storey, R.N., Meikle, G.R., Stringer, M.D. & Woodley, S.J. 2016. “*Proximal hamstring morphology and morphometry in men: an anatomical and MRI investigation*” *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol. 26, pp. 1480-1489.
- Starkey, C. & Ryan, L.J., 2002. *Evaluation of Orthopedic and Athletic Injuries*. 2nd ed. F.A. Davis Company, Philadelphia, pp. 285–294.
- Thelen, D.G., Chumanov, E.S., Hoerth, D.M., Best, T.M., Swanson, S.C., Li, L., Young, M. & Heiderscheit, B.C. 2005. “*Hamstring Muscle Kinematics during Treadmill Sprinting*” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 37, no. 1, pp. 108-114.
- Timmins, R.G., Bourne, M.N., Shield, A.J., Williams, M.D., Lorenzen, C. & Opar, D.A. 2016. “*Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study*” *British Journal of Sports Medicine*, vol. 50, pp. 1524-1535.
- Tubbs, R.S., Caycedo, F.J., Oakes, W.J & Salter, E.G. 2006. “*Descriptive Anatomy of the Insertion of the Biceps Femoris Muscle*” *Clinical Anatomy*, vol. 19, pp. 517-521.
- Wangenstein, A., Tol, J.L., Witvrouw, E., Van Linschoten, R., Almusa, E., Hamilton, B & Bahr, R. 2016. “*Hamstring Reinjuries Occur at the Same Location and Early After Return to Sport – A Descriptive Study of MRI-Confirmed Reinjuries*” *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 44, no. 8, pp. 2112-2121.
- Zeren, B. & Oztekin, H.H. 2006. “*A New Self-diagnostic Test for Biceps Femoris Muscle Strains*” *Clinical Journal of Sport Medicine*, vol. 16, no. 2, pp. 166-169.