

10029, 10050, 10051

En systematisk oversiktsartikkel med fokus på sprinttrenings forebyggende effekt mot hamstringsskader.

A systematic review, focusing on the preventive effect of sprint training against hamstring muscle injuries.

Bacheloroppgave i Fysioterapi, FT20
Desember 2022

10029, 10050, 10051

En systematisk oversiktsartikkel med fokus på sprinttrenings forebyggende effekt mot hamstringsskader.

A systematic review, focusing on the preventive effect of sprint training against hamstring muscle injuries.

Bacheloroppgave i Fysioterapi, FT20
Desember 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for medisin og helsevitenskap
Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Tittel: En systematisk oversiktsartikkel med fokus på sprinttrenings forebyggende effekt mot hamstringsskader.

Hensikt:

Ta for seg eksisterende litteratur om sprinttrening, og forebygging mot hamstringsskader (HMI). Hastighetskrevende idretter bruker store summer og mye tid på spillere med HMI. Skadeinsidensen av HMI er økende og det finnes lite nåværende forskning på den forebyggende effekten sprint har mot HMI.

Problemstilling:

Kan sprinttrening ha en skadeforebyggende effekt mot hamstringsskader i hastighetskrevende lagidretter?

Metode:

Systematisk oversiktsartikkel.

Resultat:

Totalt ble syv studier inkludert. Sprinttrening ser ut til å redusere skadeinsidensen og gi økt sprintprestasjon. Inkluderte studier viser at sprint kan gi positiv effekt på kjente risikofaktorer for HMI. Sammen med høy treningsbelastning kan sprint redusere risiko for skade.

Konklusjon:

Litteraturstudien viser at sprinttrening potensielt kan ha en skadeforebyggende effekt mot HMI. Studienes heterogenitet og metodiske forskjeller gjør det utfordrende å sammenligne resultatene. Fremtidige studier bør sammenligne sprinttrening med andre intervensjoner og ha lenger varighet, for å bedre vurdere effekten sprint har på forebygging mot HMI.

Abstract

Title: A systematic review, focusing on the preventive effect of sprint training against hamstring muscle injuries.

Purpose:

To look at the effect sprint training has on preventing hamstring muscle injury (HMI). Sports demanding high-speed running and sprinting, experience huge financial loss and time lost on players with HMI. The incidence of HMI is increasing and currently there is a lack of research on the preventive effect of sprint training.

Research question:

Can sprint training have a preventing effect against hamstring muscle injuries in speed-demanding team sports?

Method:

Systematic review.

Result:

A total of seven studies were included. Sprint training appears to reduce the incidence of HMI and increase sprint performance. Included studies show that sprinting can have a positive effect on known risk factors for HMI. Combined with high workload, sprint can help reduce the risk of HMI.

Conclusion:

There is evidence of sprint training having a preventive effect against HMI. The heterogeneity and methodological differences in the included studies makes it difficult to compare their results. Future studies should compare sprint training with other interventions and have a longer intervention period to better assess the preventative effect sprint training has on HMI.

Innholdsfortegnelse

Innhold

Innholdsfortegnelse.....	3
1.0 Definisjoner.....	5
2.0 Innledning	1
2.1 Hensikten med oppgaven.....	1
2.2 Problemstilling.....	2
3.0 Teoridel.....	2
3.1 Hamstringsmuskulaturens anatomi.....	2
3.2 Skademekanisme.....	2
3.3 Risikofaktorer	3
3.4 Forebygging	5
3.5 Sprint.....	6
4.0 Metode	7
4.1 Begrunnelse for valg av metode:	7
4.2 Bakgrunn for søkestrategi.....	7
4.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier.....	8
4.4 Søkestrategi og selektering av artikler.....	9
4.5 Kvalitetsvurdering av inkluderte studier og tidsskrift:	11
5.0 Resultat	13
5.1 Inkluderte studier	13
5.2 Inkluderte studier	16
5.3 Utfallsmål og Resultater:	16
5.4 Felles utfallsmål	20
6.0 Diskusjon	22
6.1 Skadeinsidens.....	22
6.2 Sprintrelaterte faktorer	23

6.3 Styrkevariabler	24
6.4 Langvarig treningsbelastning	25
6.5 Validitet for inkluderte studier	26
6.6 Validitet, reliabilitet og generalisering	27
6.7 Kliniske implikasjoner	28
7.0 Konklusjon	28
8.0 Referanseliste:	29

1.0 Definisjoner

AU - “arbitrary units”. Er et egendefinert mål av data.

BF - Biceps femoris.

BF_{lh} - Lange hodet til biceps femoris.

HMI - Hamstring muscle injury. Hamstringsskade

HSR - High speed running. Hastighetsaksjoner over 14.4 km/t (Malone et al., 2018).

MESH – Medical Subject Heading. Et emneordssystem som inkluderer alle lignende begrep og uttrykk i PubMed.

MHA - Maksimale hastighetsaksjoner. Hastighetsaksjoner over 95% av maksimal hastighet (Malone & Roe et al., 2017).

NHE - Nordic Hamstring Exercise.

RPE - “rate of perceived exertion”. Borgs skala.

SM - Semimembranosus.

SR - Sprint running. Hastighetsaksjoner over 19.8 km/t (Malone et al., 2018).

ST - Semitendinosus

2.0 Innledning

Hamtringsskader (HMI) er en av de hyppigste skadene innen hastighetskrevede lagidretter som fotball, australsk- og gælisk fotball (Dekkers et al., 2022; Ekstrand et al., 2011; Saw et al., 2018). Ifølge Hägglund et al. (2013) har HMI en negativ effekt på sportslige prestasjoner, i tillegg har det en tydelig negativ innvirkning på klubbens økonomi (Eliakim et al., 2020; Hickey et al., 2014). I fotball står HMI for opptil 12% av alle skader med en gjentakelsesrate på 22-30%, dermed vil tidligere HMI utgjøre en av de største risikofaktorene for re-skade (Ekstrand et al., 2011; Green et al., 2020; Kerin et al., 2022). Til tross for mye tid og penger brukt på skadeforebyggende trening mot HMI, øker insidensen 4% årlig (Ekstrand et al., 2016).

I en oversikt av Gabbett (2016) publisert i tidsskriftet *British Journal of Sports Medicine*, har forfatteren vært kritisk til at høy treningsbelastning gir økt risiko for skade. Han påpeker at en høy treningsbelastning kan gi en forebyggende effekt. Denne effekten avhenger ikke nødvendigvis av hvor mye trening, men hva treningen inneholder. Forfatteren viser til at en progressiv økning i treningsbelastning kan være skadeforebyggende for muskelskader, og at høy treningsmengde ikke er en risikofaktor alene. Gabbett forklarer videre at man ser mindre skader blant utøvere med høy treningsbelastning enn de med lavere belastning (Gabbett, 2016). I 2019 skrev Edouard at det ikke er tilstrekkelig forskning på sprint som skadeforebyggende trening. Siden de fleste hamstringsskadene kommer under høy-hastighetsaksjoner, diskuterer han om dette er noe utøvere progressivt burde utsettes mer for (Edouard et al., 2019).

2.1 Hensikten med oppgaven

HMI og en høy gjentakelsesrate kan for mange utøvere være en stor påkjenning. I tillegg er det hemmende for klubbens kollektive prestasjon. Det brukes store summer og mye tid på HMI i hastighetskrevede lagidretter, likevel er det fremdeles en årlig økning i skadeinsidensen. Flertallet av skadene oppstår under høy-hastighetsaksjoner. Det er lite forskning på sprinttrening sin skadeforebyggende effekt. Dette ligger til grunn for litteraturstudien sin problemstilling.

2.2 Problemstilling

Kan sprinttrening ha en skadeforebyggende effekt mot hamstringsskader i hastighetskrevende lagidretter?

3.0 Teoridel

3.1 Anatomi

Musklene dorsalt på låret blir referert til som hamstrings, og strekker seg fra tuber ischiadicum (sitteknuten) til de to knoklene på leggen, tibia og fibula. Hamstrings er derfor toleddsmuskler som ekstenderer hoftedeppet og flekterer kneleppet. Muskelgruppen består av m. biceps femoris (BF), m. semimembranosus (SM) og m. semitendinosus (ST). Førstnevnte ligger mest lateralt av muskelgruppen, og delt i caput longum (BF_{lh}) og caput breve (BF_{kh}). BF_{kh} har utspring fra midten femur og har ingen funksjon i hoftedeppet og regnes heller ikke som en del av hamstrings. BF fester seg på caput fibula og utadroterer leggen ved flektert kne. ST springer ut sammen med biceps lange hodet fra tuber ischiadicum, før det går over i en lang sene fra midten av låret og fester seg i pes anserinus (gåsefoten). Sammen med SM, er de to viktige innadrotatorer av leggen. SM springer ut som en sene og ligger ventralt i forhold til de to andre musklene. Senen går over til en kraftig muskelbuk midt på låret og fester seg på den mediale tibiakondylen (Dahl & Rinvik, 2010; Gilroy et al., 2017).

3.2 Skademekanisme

Strekksskader, også kalt distensjonsrupturer er vanlig å dele i to grupper: sprintrelaterte skader og overstrekksskader. Sprintrelaterte skader er hyppigst, og oppstår oftest ved eksentrisk overbelastning under sprint opp mot maksimal hastighet. Skader som dette sitter ofte distalt i BF_{lh} (Kerin et al., 2022). Dette er en bedre vaskularisert del av hamstringen, som legger til rette for gode regenereringsforhold (Peltoperä, 2020, s. 288). Det er omdiskutert når HMI oppstår, men majoriteten av publisert forskning er enige om at skader av denne typen forekommer mot slutten av svingfasen eller tidlig standfase (Kenneally-Dabrowski et al., 2019). Overstrekksskader er et resultat av hurtig strekk, og/eller ekstensiv strekk utover muskelens kapasitet gjennom en kneekstensjon kombinert med hoftefleksjon. Slike skader har vist seg å primært forekomme proksimalt i SM, og er vanligere ved store leddutslag som kan sees i ballett (Kerin et al., 2022). Dette området er dårligere vaskularisert, og skaden vil

trengre lengre tid på å regenerere (Peltoperä, 2020, s. 288). Ifølge Schache (2012) er hamstringen aktiv fra midt i svingfasen, til endt standfase. Det er debattert hvorvidt maksimal kraftproduksjon er mot slutten av svingfasen, eller i standfasen. Under svingfasen blir det lange hodet av BF strukket mest i forhold til hvilelengden. I samme fase opplever ST høyest strekkhastighet, og SM genererer og absorberer mest kraft (Askling et al., 2007). Disse funnene favoriserer tung styrketrening med fokus på eksentrisk kontraksjon i forlenget fase av bevegelsesbanen (Schache et al., 2012).

3.3 Risikofaktorer

De mest sentrale risikofaktorene for HMI kan deles inn i ikke-modifiserbare og modifiserbare risikofaktorer. Blant de ikke-modifiserbare risikofaktorene har vi blant annet alder, skadehistorikk og etnisitet. Eksentrisk styrke, fasikkellengde og fatigue er eksempler på modifiserbare risikofaktorer (Opar et al., 2012). Likevel må man se det fra et biopsykososialt perspektiv hvor biologiske, psykologiske og sosiale faktorer spiller inn. Derfor kreves det en innsats i identifisering av mulige utløsende faktorer. Det trenger nødvendigvis ikke bare å være én utløsende årsak, men heller et multifaktorielt samspill (Buckthorpe et al., 2019). Et forebyggende program mot skader, bør derfor ta hensyn til flere mulige utløsende faktorer.

3.3.1 Historikk

Forskning viser til at tidligere HMI kan være en stor risikofaktor for re-skader (Gabbe et al., 2006; Verrall et al., 2006). Årsaker til at det oppstår mange gjentagende skader kan eksempelvis være dannelse av dysfunksjonelt arvevev med dårligere elastiske evner, vedvarende svekkelser i eksentrisk styrke, redusert fleksibilitet eller endret leddvinkel ved maksimal omdreiningskraft (Jönhagen et al., 1994; Silder et al., 2010). Alle disse faktorene er med på å endre biomekanikken i bevegelsene, som kreves for en gitt oppgave (Opar et al., 2012). Den store risikoen for gjentagende skader gjør et grundig forebyggende arbeid viktig (Croisier, 2004).

3.3.2 Belastning og fatigue

Flere studier har vist at en brå økning i belastning kan ha sammenheng med økt skaderisiko (Bowen et al., 2017; Fanchini et al., 2018; Malone & Roe et al., 2017). Disse studiene har blant annet brukt verktøyene GPS og “Rate of Percieved Exertion” (RPE), for å måle treningsbelastningen. Denne sammenhengen har gjort belastningsstyring utbredt i

profesjonelle miljøer, i et forsøk på å styre skaderisikoen (Dalen-Lorentsen, 2020, s.390). Likevel er det ingen former for monitorering som tilstrekkelig kan forutse skader, inkludert HMI (Andrade et al., 2020; Fanchini et al., 2018; Hulin & Gabbett, 2019).

Det har blitt forsket mye på hvordan muskulær tretthet spiller inn på skaderisikoen. Mair et al. (1996) gjennomførte et laboratorieforsøk på muskulaturens evne til å absorbere energi etter elektrisk stimulering. Her fant de at stimulert muskulatur hadde en svekket absorberingsevne, og sviktet dermed tidligere enn frisk muskulatur. De fant også at både trett og frisk muskulatur hadde lik muskulær lengde da de sviktet. Som et resultat av den svekkede absorpsjonsevnen, vil trett muskulatur være mer utsatt for belastningsskade. Dette skjer selv om begge angivelig svikter i forlengelsesfasen (Mair et al., 1996). Andre studier har sett på hvordan repetitive dynamiske anstrengelser gradvis er med å øke kneekstensjon mot slutten av svingfasen. Funnene i disse studiene viser til økt belastning på hamstringen, nedsatt proprioepsjon og en undervurdering av hamstringslengden under utmattelse (Allen et al., 2010; Morgan, 1990; Pinniger et al., 2000). Alle disse funnene kan være med på å forklare den høye insidensen av HMI mot slutten av omganger (Bisciotti et al., 2019; Ekstrand et al., 2011; Hawkins & Fueller, 1999).

3.3.3 Eksentrisk styrke og fasikkellengde

De siste årene har eksentrisk styrke og fasikkellengde fått økt oppmerksomhet som risikofaktorer (Medeiros et al., 2021). En prospektiv kohortstudie gjennomført på 152 fotballspillere, kom frem til at spillere med kortere fasikkellengde i BFlh og svakere eksentrisk styrke, hadde respektivt 4,1 og 4,4 ganger så høy risiko for å få HMI (Timmins & Bourne et al., 2016). Flere prospektive studier viser også sammenheng mellom eksentrisk styrke og risiko for HMI (Bourne et al., 2015; Lee et al., 2018). For hver 10N (Newton) økning i eksentrisk hamstringsstyrke, reduseres skaderisikoen med 8,9% (Timmins & Bourne et al., 2016). I boken *Idrettsfysioterapeut*, skriver Myklebust (2020) at det viktigste forebyggende tiltaket mot HMI er økt styrke, og da spesielt eksentrisk (Myklebust, 2020, s. 366).

Fasikkellengden regnes som en risikofaktor for hamstringskader, på grunn av dens rolle i kraft-hastighets- og kraft-lengde forholdene til hamstringsmuskulaturen (Timmins & Ruddy et al., 2016). En økning i fasikkellengden vil derfor øke de nevnte forholdene, og ha en direkte påvirkning på muskelfunksjonen (Lieber & Bodine-Fowler, 1993). En muskel med

lengre fasikkellengde inneholder flere sarkomerer i serie, som øker kontraksjonshastigheten (Lieber & Fridén, 1993). Timmins & Bourne et al. (2016) utdyper at en fasikkellengde under 10,56 cm kan øke skaderisikoen, samtidig vil hver 0,5cm økning gi en reduksjon på 73,9%. Man kan også se at eksentrisk styrke og fasikkellengde henger sammen med skadehistorikk. Flere studier antyder at tidligere HMI fører til både redusert fasikkellengde, og eksentrisk styrke (Timmins et al., 2015, 2017; Timmins & Bourne et al., 2016; Timmins & Ruddy et al., 2016). I tillegg er det vist at eksentrisk trening har positiv effekt på flere faktorer knyttet til skaderisiko, blant annet H:Q og styrkeasymmetri mellom underekstremitetene (Rudisill et al., 2022).

3.3.4 H:Q ratio

Ifølge en systematisk oversikt med metaanalyse av Rudisill et al. (2022), kan H:Q ratio deles inn i konvensjonell og funksjonell. Konvensjonell H:Q ratio er sammenligningen mellom hamstrings- og quadriceps maksimale konsentriske omdreiningskraft, hvor den funksjonelle H:Q ratio sammenligner hamstrings maksimale eksentriske omdreiningskraft med quadriceps maksimale konsentriske omdreiningskraft. På grunn av mekanikken i en sprintsyklus, vil derfor den funksjonelle være av størst relevans (Rudisill et al., 2022).

Sprintrelatert HMI oppstår som oftest ved eksentrisk overbelastning mot slutten av svingfasen (Kerin et al., 2022). Her oppstår det en bevegelse kombinert av kneekstensjon og hoftefleksjon samtidig. Hamstringsmuskulaturen sin rolle er å stå for nedbremsing av denne bevegelsen. Ved en lavere H:Q ratio kan en kraftig kontraksjon av quadriceps i tidlig svingfase, medføre at kapasiteten til hamstrings overskrides, som øker risikoen for HMI (Opar et al., 2012 ; Lee et al., 2018 ; Rudisill et al., 2022). Imidlertid viser to studier ingen sammenheng mellom H:Q ratio og HMI (Fousekis et al., 2011;van Dyk et al., 2016). En meta-analyse fra 2013 konkluderte med at H:Q var, blant annet, noe som trengte videre forskning på grunn av små prøvestørrelser, eller usikre resultater (Freckleton & Pizzari, 2013). En ny prospektiv kohortstudie fra 2018 viste derimot H:Q ratio som en signifikant risikofaktor for HMI (Lee et al., 2018).

3.4 Forebygging

På grunn av den høye risikoen for re-skade, vil et skadeforebyggende treningsprogram være viktig. I litteraturen er Nordic Hamstring Exercise (NHE) et utbredt tiltak i forebygging mot

HMI innen hastighetskrevende lagidretter. I 2017 ble det publisert en oversiktsartikkel og meta-analyse som tok for seg den skadeforebyggende effekten av NHE mot HMI. Data ble hentet fra 4455 fotballspillere. Forfatterne kom frem til at et intervensjonsprogram bestående av NHE kan redusere skadeinsidensen med 51% (Al Attar et al., 2017). I tillegg er det vist at øvelsen har positiv effekt på eksentrisk styrke og fasikkellengde på BFlh (Medeiros et al., 2021). NHE er imidlertid ikke godt nok implementert i europeisk fotball, og har i tillegg for lav grad av compliance til å gi en skadeforebyggende effekt (Bahr et al., 2015). En systematisk oversiktsartikkel av Biz et al. (2021) viste at forebyggende treningsprogram utført av profesjonelle og semi-profesjonelle fotballag, kan redusere skadeinsidensen av HMI. Protokollene som ble brukt var FIFA 11+, NHE, og øvelser for kjernestabilitet eller balansetrening (Biz et al., 2021).

Ifølge Milanese og Eston (2019) bør NHE, på grunn av den økende insidensen, være en del av en større skadeforebyggende tilnærming mot HMI. Forebyggingen bør ha en mer holistisk tilnærming som tar for seg idrettsspesifikke aksjoner, for eksempel ulike former for sprint og akselerasjoner (Milanese & Eston, 2019; Oakley et al., 2018).

3.5 Sprint

Systematisk trening, eksentrisk styrke og fasikkellengde er viktige faktorer i forhold til sprintprestasjon (Haugen et al., 2019). Det finnes forskning som har sett nærmere på hvordan kraftproduksjon spiller inn på risikoen for HMI i en sprint sammenheng. En studie gjennomført av Edouardo et al. (2021) konkluderte med lav horisontal kraftproduksjon ved akselerasjon i tidlig sprint fase kan assosieres med økt fare for HMI (Eduardo et al., 2021). Det samme poenget blir presisert i en pilotstudie av Lahti et al. (2022) som fant at horisontal kraftproduksjon var en signifikant risikofaktor for økt HMI i midt til sent i sesongen (Lahti et al., 2022).

Nuell et al. (2021) gjennomførte nylig en tverrsnittstudie på sprintere og over gjennomsnittet fysisk aktive menn. De sammenlignet deltakernes sprintprestasjon, mekaniske variabler (power, kraft og hastighet) knyttet til sprint og muskelvolum i underekstremitetene under 40m sprint. Hovedfunnene fra studien var at utøverne som produserte større verdier av de ulike variablene, var raskere ved 10- og 40m. I tillegg hadde de mer muskelvolum, spesielt i hamstrings. Muskelvolumet til hamstrings hadde sterkest korrelasjoner med sprintprestasjon, samt moderate til sterke korrelasjoner med de mekaniske variablene (Nuell et al., 2021).

Denne sammenhengen ser man i praksis i idrettspopulasjonen, hvor sprintutøvere, sammenlignet med utøvere fra andre idretter, har betydelig bedre utviklet hamstringsmuskulatur (Bex et al., 2017; Handsfield et al., 2017; Hoshikawa et al., 2010).

En studie gjennomført av Higashihara et al. (2018) har sett nærmere på omdreiningskreftene som genereres i hoften og kneet under sprint, ved ulike hastigheter. Resultatene viser at det kreves større hoftefleksjon i akselerasjonsfasen, og at omdreiningskreftene i hoften var betydelig større i denne fasen, hvor hamstringen fungerer som en hofteekstensor. Videre fant de at knefleksjonen økte markant i samsvar med at farten. Dette resulterte i en økt omdreiningskraft i kneleddet, noe som viser at hamstringen fungerer som en sterk eksentrisk knefleksor mot slutten av svingfasen (Higashihara et al., 2018).

4.0 Metode

4.1 Begrunnelse for valg av metode

Som et resultat av problemstilling og tidsbegrensning, har vi valgt å bruke systematisk litteraturstudie som metode, da denne metoden gir et godt innblikk i forskning tilknyttet en spesifikk problemstilling (Helsebiblioteket, 2018). Metoden gir oss mulighet til å vurdere den skadeforebyggende effekten av sprinttrening mot HMI.

4.2 Bakgrunn for søkestrategi

Innledningsvis ble det gjennomført et grovt og orienterende søk i databasene PubMed og Google Scholar for å utforske relevante søkeord, inklusjons -og eksklusjonskriterier, og hvilke databaser som kan være nyttige. I dette søket ble disse søkeordene brukt: “hamstring”, “injur*”, “prevent*”, “nordic hamstring*”, “Athletic Injuries” [Mesh], “Sprains and Strains” [Mesh], “sprint*”. Her ble søkeordene satt sammen med de boolske operatorene “AND” og “OR”, for å se hvilke søkeord og kombinasjoner som kan være relevante for vår problemstilling. Det ble også brukt et PICO-skjema for å komme frem til en endelig søkestrategi (Tabell 1).

Tabell 1: PICO-skjema

P	I	C	O
Population/patient/ problem	Intervention or exposure	Comparison	Outcome
Hva er problemet? Hvilke mennesker angår det?	Hva gjøres?	Hva sammenligner en eventuell intervensjon med?	Hvilket utfall er av interesse?
Idrettsaktive som er utsatt for hamstringsskader. Gjennomsnittsalder over 16 år.	Sprinttrening.	Dagens forebygging (eksentrisk trening).	Forebygging av hamstringsskader.

4.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

I arbeidet med å selektere ut relevant litteratur har vi kommet med inklusjons- og eksklusjonskriterier. Disse har som hensikt å kvalitetssikre litteraturen oppgaven presenterer, og blir vist i tabell 2.

Tabell 2: Inklusjons- og eksklusjonskriterier.

Inklusjonskriterier:	Eksklusjonskriterier:
Kohortstudier eller randomiserte kontrollerte studier.	Systematiske oversiktsartikler.
Gjennomsnittsalder >16 år.	Gjennomsnittsalder <16 år.
Deltakere er idrettsaktive innen sprintrelatert ballidrett.	Deltakere som ikke er idrettsaktive innen sprintrelatert ballidrett.
Antall deltakere >20.	Antall deltakere <20.
Studier publisert etter 01.01.2000.	Studier publisert før 01.01.2000.
Utgitt på engelsk.	Ikke utgitt på engelsk.
Rapporterer originaldata.	Rapporterer ikke originaldata.
Inneholder hamstrings eller lower-limb.	Inneholder ikke hamstrings eller lower-limb.
Minimum 4 av 10 poeng på PEDRO-scale (middels kvalitet).	Mindre enn 4 av 10 poeng på PEDRO-scale (lav kvalitet).

Kriteriene er utarbeidet i et forsøk på å sikre homogenitet blant de ulike studiene. Før det endelige søket, var studier som tok for seg hamstrings og randomiserte kontrollerte studier (RCT) med høy kvalitet i “Physiotherapy Evidence Database scale” (PEDro) scale, to av inklusjonskriteriene. Etter det usystematiske søket, ble det vurdert at det var få relevante RCT-er for problemstillingen. Søket ble derfor utvidet til å inkludere kohortstudier. I tillegg ble det inkludert studier som tok for seg “lower-limb”, da studier som kun tok for seg hamstrings ikke gav nok resultater. Det ble også observert at RCT-ene ikke hadde god nok score i PEDro scale for det opprinnelige inklusjonskriteriet. Dette kom av at studiene ikke scoret poeng på kriterier knyttet til “blinding” av utøvere og observatører. Inklusjonskriteriet for antall poeng i PEDro, ble derfor endret fra høy til middels kvalitet.

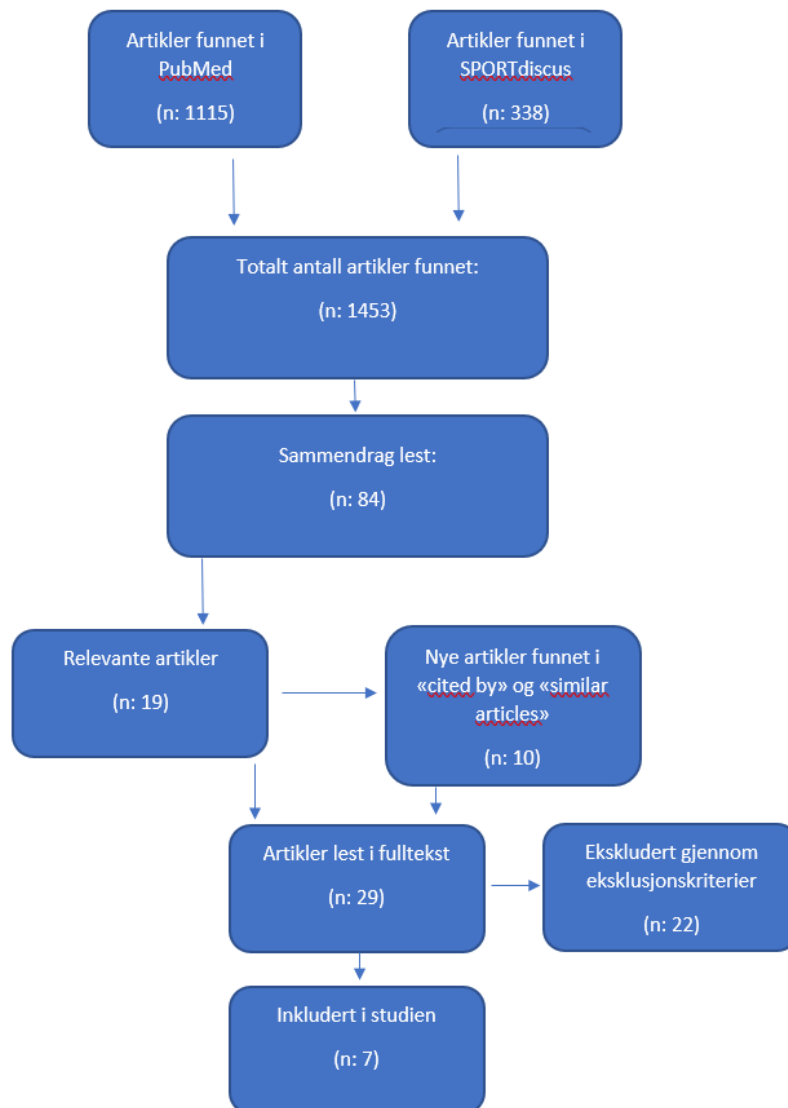
4.4 Søkestrategi og selektering av artikler

Det ble utført et systematisk søk i databasene PubMed og SPORTDiscus i perioden 11.10.2022 til 17.10.2022. Søkordene som ble brukt, omhandlet forebygging, hamstrings, sprint og skade (Figur 1). Søket gav 1115 treff i PubMed og 338 i SPORTDiscus, til sammen 1453 artikler. For å selektere ut relevante artikler for problemstillingen, ble det gjort en screening av titler og sammendrag. 84 sammendrag ble lest, hvor 19 artikler ble oppfattet som relevante. Etter gjennomgang av “cited by” og “similar articles”, ble ytterligere 10 artikler inkludert. Totalt 29 artikler ble lest i fulltekst og knyttet opp mot inklusjons- og eksklusjonskriteriene (Tabell 2). Dette resulterte i 22 ekskluderte studier, hvor syv studier ble inkludert til slutt (Figur 2).

Figur 1: Søkeord, oppbygging av søk og antall treff i PubMed.

Search	Actions	Details	Query	Results
#11	...	>	Search: (((("Sports Medicine"[Mesh]) OR (sprint* OR running OR bound* OR power OR (high velocity) OR speed)) AND (hamstring OR (biceps femoris) OR semimembranosus OR semitendinosus OR (posterior thigh) OR (lower limb))) AND (preven* OR manag* OR intervent*)) AND (((rupture* OR tear* OR strain*) OR ("Sprains and Strains"[Mesh])) OR ("Wounds and Injuries"[Mesh])) Filters: from 2000 - 2022	1,115
#10	...	>	Search: (((("Sports Medicine"[Mesh]) OR (sprint* OR running OR bound* OR power OR (high velocity) OR speed)) AND (hamstring OR (biceps femoris) OR semimembranosus OR semitendinosus OR (posterior thigh) OR (lower limb))) AND (preven* OR manag* OR intervent*)) AND (((rupture* OR tear* OR strain*) OR ("Sprains and Strains"[Mesh])) OR ("Wounds and Injuries"[Mesh]))	1,267
#9	...	>	Search: ("Sports Medicine"[Mesh]) OR (sprint* OR running OR bound* OR power OR (high velocity) OR speed)	1,259,128
#8	...	>	Search: hamstring OR (biceps femoris) OR semimembranosus OR semitendinosus OR (posterior thigh) OR (lower limb)	264,330
#7	...	>	Search: sprint* OR running OR bound* OR power OR (high velocity) OR speed	1,248,729
#6	...	>	Search: "Sports Medicine"[Mesh] Sort by: Most Recent	11,475
#5	...	>	Search: preven* OR manag* OR intervent*	5,654,786
#4	...	>	Search: ((rupture* OR tear* OR strain*) OR ("Sprains and Strains"[Mesh])) OR ("Wounds and Injuries"[Mesh])	2,222,024
#3	...	>	Search: rupture* OR tear* OR strain*	1,322,370
#2	...	>	Search: "Sprains and Strains"[Mesh] Sort by: Most Recent	20,341
#1	...	>	Search: "Wounds and Injuries"[Mesh] Sort by: Most Recent	988,308

Figur 2: Flyt-skjema av selekteringsprosessen. **n:** antall.



4.5 Kvalitetsvurdering av inkluderte studier og tidsskrift

Den metodiske kvaliteten til studiene bør vurderes for å kunne si noe om validiteten og reliabiliteten til studiene (Helsebiblioteket, 2018). For å vurdere den metodiske kvaliteten til de inkluderte RCT-ene, ble PEDro scale brukt. Dette er en anerkjent vurderingsmetode for RCT-er, hvor studiene får poeng for hvert kriterium oppfylt (PEDro scale, 1999). Det finnes ikke en validert klassifisering av kvalitet, men av ti mulige poeng deles resultatene inn i “lav” (1-3), “middels” (4-5), “bra” (6-8) og “utmerket” (9-10) (Cashin & McAuley, 2020; Maher et al., 2003; Matos & Pegorari, 2020). Alle RCT-ene ble vurdert til “middels” kvalitet (Tabell 3).

Kohortstudier bør kritisk vurderes på grunn av mulig bias og konfundere. Kohortstudier bør ofte ikke brukes alene, men sammen med andre type studier av ulikt design for å kunne svare på en spesifikk problemstilling (Gulseth et al., 2019). For kritisk vurdering av kohortstudiene har vi brukt Helsebiblioteket (2018) sin sjekkliste for validering av kohortstudier. Sjekklisten inkluderer spørsmål om problemstilling, metode, reliabilitet og mulig bias.

Tabell 3: Vurdering av metodekvalitet for de fire inkluderte RCT. **1x:** ikke med i utregning av total score. **1:** Kriterium er oppfylt. **0:** Kriterium er ikke oppfylt.

Forfattere	Vurderingskriterier											Total score
	1x	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Freeman et al. 2019 (1)	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4/10
Mendiguchia et al. 2015 (4)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Mendiguchia et al. 2020 (5)	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4/10
Raya-Gonzalez et al. 2021 (6)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4/10

Gjennom fagfellevurdering og “impact score”, har vi vurdert kvaliteten av tidsskriftene til de respektive artiklene. En fagfellevurdering av et tidsskrift innebærer at studier gjennomgår en evaluering av en gruppe eksperter innen gjeldende fagfelt før publisering (Merriam-Webster, 2022). “Impact score” er et annet verktøy som beskriver antall siteringer tidsskriftet har hatt de to siste årene (Hem og Ødegaard, 2009). “Impact score” er et omdiskutert måleverktøy som lenge har fått kritikk for å være et manglende mål på validiteten til enkeltartikler (Seglen, 1997). Det har likevel blitt inkludert siden det benyttes i en kombinasjon med fagfellevurdering.

Tabell 4: Vurdering av tidsskrift.

Tidsskrift	Fagfelle-vurdert	Impact score (2022)	Artikkel
The Journal of sports medicine and physical fitness	Ja	1.65	#1
The Journal of Science and Medicine in Sport	Ja	4.21	#2 & #3
Scandinavian journal of medicine & science in sports	Ja	4.5	#4
PLOS ONE	Ja	3.58	#5
Research in Sports Medicine	Ja	4.57	#6
The British Journal of Sports Medicine	Ja	8.52	#7

5.0 Resultat

5.1 Inkluderte studier

Syv studier ble inkludert i denne litteraturstudien. Studienes tittel, hensikt, metode, utvalg, intervensjon og innsamlingsdata er presentert i rekkefølge (Tabell 5). Studiene har blitt nummerert en til syv ut fra forfatterens navn i alfabetisk rekkefølge, og vil videre i oppgaven bli oppgitt etter tall. Forfatteren av studie 2 og 3 ble forsøkt kontaktet for detaljer om spesifikk skadestatistikk for underekstremitetene, uten og fått svar.

Tabell 5: Oversikt over studienes metode, presentert i alfabetisk rekkefølge.

N=: antall, **xN**=: antall som fullførte studien, **NHE**: nordic hamstring exercise, **RCT**: randomized controlled trial, **RPE**: Borgs skala for opplevelse av anstrengelse og intensitet, **MHA**: Maksimale hastighetsaksjoner ($\geq 95\%$), **SR**: sprint running (>19.8 kmt) **HSR**: High-speed running (>14.4 kmt).

Tittel	Hensikt/problemstilling	Design	Utvalg (idrett, nivå, alder, antall i intervensjon, kontroll eller kohort)	Intervensjon (RCT) Innsamlingsdata (Kohort)
#1: Freeman et al., 2019 The effects of sprint training and the nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes	Sammenligning av effekten nordic hamstring og sprinttrening har på eksentrisk styrke og sprintkapasitet hos tenåringer.	RCT	35 (xN = 28) deltakere fra australsk fotball, fotball, cricket, baseball og landhockey. 23 menn og 5 damer. Tilfeldig delt på 14 i hver gruppe. 16,2 år.	Fire uker intervensjon. Intervensjonen gjennomført to ganger i uka. Én gruppe med eksentrisk trening (NHE). Én gruppe med sprinttrening. Progressiv overbelastning implementert.
#2: Malone & Roe et al., 2017 High chronic training loads and exposure to bouts of maximal velocity running reduce injury risk in elite Gaelic football	Undersøke forholdet mellom belastning, antall og distanse av MHA i trening og kamp, og skaderisiko hos eliteutøvere i Gælisk fotball.	Prospektiv kohortstudie	37 deltakere fra et elitelag i gælisk fotball. 24 år.	Fulgt i 11 måneder (en sesong). Trening- og kampbelastning målt som RPE*varighet. Antall og distanse av MHA i kamp og trening målt med posisjoneringssystem (GPS). Registrering av skader i underekstremitetene.
#3: Malone et al., 2018 High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk?	Hensikt å undersøke sammenhengen mellom HSR (>14.4 km/h), SR (>19.8 km/h), aerob kondisjon og langvarig treningsbelastning på skaderisiko hos fotballspillere på elitenivå.	Prospektiv kohortstudie	37 deltakere fra et fotballag i portugisisk eliteserie. 25 år.	Fulgt i 11 måneder (en sesong). Trening- og kampbelastning målt i RPE*varighet. Distanse av HSR og SR målt med posisjoneringssystem. Registrering av skader i underekstremitetene.
#4: Mendiguchia et al., (2015)	Undersøke effektene av et nevro-muskulært treningsprogram som kombinerer eksentrisk	RCT	60 (xN = 51) deltakere samlet fra 9 fotballklubber på amatørnivå. 27 fra	Syv uker intervensjon med to økter i uken. Treningsprogram med fokus på eksentrisk

Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players	styrke i hamstring, fremover-orientert plyometri og sprinttrening, i tillegg til vanlig fotballtrening hos fotballspillere.		intervensjonsgruppen og 24 fra kontrollgruppen.. Intervensjonsgruppen: 22,7 år. Kontrollgruppen: 21,8 år.	styrke, plyometri og akselerasjon. Økt en hadde fokus på eksentrisk styrke og plyometri, hvorav økt to hadde fokus på eksentrisk styrke og akselerasjon.
#5: Mendiguchia et al., (2020) Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players	Sammenligne effekten av eksentrisk styrketrening vs systematisk sprinttrening supplerende til fotballtrening, ved å se på sprintprestasjon, mekaniske faktorer og vevsforandringer i biceps femoris.	RCT	32 (xN=21) deltakere fra to fotballag portugisisk eliteserie. Delt i tre grupper: "Sprint" (N=10), "Nordic" (N=12) og kontrollgruppe "fotball" (N=10). Over 18 år.	Seks ukers intervensjon: - "Sprint": to sprintøkter i uka - "Nordic": progressivt NHE, 1-3 ganger i uka.
#6: Raya-Gonzales et al., 2021 The effects of training based on Nordic hamstring and sprint exercises on measures of physical fitness and hamstring injury prevention in U19 male soccer players	Undersøke effekten av et treningsprogram bestående av NHE og sprinttrening på fysisk prestasjon og forebygging av hamstringskader.	RCT	67 (xN=49) deltakere fra samme fotballakademi. Delt i control group (CG, N=26) og intervention group (IG, N=23). 17,8 år.	14 uker intervensjon. Progressiv sprinttrening og NHE, gjennomført en gang i uken.
#7: Verrall et al., 2005 The effect of sports specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players.	Undersøker effekten av et idrettsspesifikt intervensjonsprogram på spillere i australsk fotball.	Prospektiv kohortstudie med intervensjon	Et australsk fotballag på elitenivå. I snitt 70 spillere per år ble observert. 24 (23-26) kamper per sesong. Ikke rapportert alder.	Fire sesonger; to med observasjon; to med intervensjon. Gjennomførte hastighetsdriller med flektert hoft, høyintensiv anaerob intervalltrening og akselerasjonstrening og tøyning av hamstring i utmattet tilstand.

5.2 Deltakerpopulasjon

Av de syv inkluderte studiene i denne litteraturstudien er det to kohortstudier (2 og 3), en kohortstudie med intervensjon (7) og fire RCT-er (1 og 4-6). Deltakerne fra de inkluderte studiene var menn (2-7), ved unntak av en studie (1) som inkluderte fem damer.

Gjennomsnittsalderen til deltakerne i studiene var fra 16 til 25 år, men to studier oppga ikke en gjennomsnittsalder (5 og 7). To studier (1 og 6) så på utøvere mellom 16-19 år, der en studie inkluderte akademispillere i fotball (6), og den andre med utøvere fra forskjellige sprintrelaterte idretter (1). Fem studier (2, 3, 5 og 7) inkluderte eliteutøvere mellom 18-27 år fra tre forskjellige idretter, gælisk fotball (2), fotball (3 og 5) og australsk fotball (7). Kun én studie så på fotballspillere på amatørnivå (4). Denne litteraturstudien inkluderte til sammen 338 deltakere, hvorav 114 av de tilhørte kohortstudiene og 194 deltakere kom fra RCT-ene.

5.3 Utfallsmål og Resultater

#1 Freeman et al., 2019

Denne RTC-studien undersøkte effekten av systematisk trening av nordic hamstring og sprint. Forfatterens utfallsmål var eksentrisk hamstringstyrke, akselerasjon, maksfart og muskelstølheth. Totalt ble 35 utøvere i tenårene delt tilfeldig i intervensjon- og kontrollgruppe. Utøverne var fra ulike sprintrelaterte idretter, med høy insidens av HMI. Utøverne gjennomførte 2 uker med tilvenningstrening, en uke testing før start, fire uker systematisk trening og en uke med retesting på slutten. Testingen ble gjennomført innendørs i et kontrollert miljø. Alle utøverne hadde 48 timer pause fra idrettene sine før testing. Begge gruppene gjennomførte, i tillegg til intervensjonsprogrammet, 4 økter i uken, to med sine respektive lag og to styrkeøkter.

NHE-gruppen (kontrollgruppen) viste en compliance på 7.93/8 økter, og sprintgruppen (intervensjonsgruppen) 7.75/8. Begge gruppene opplevde en liten signifikant fremgang i eksentrisk hamstring styrke, kontrollgruppen med Effect Size (ES) = 0.39 (P<0.05) og intervensjonsgruppen ES = 0.29 (P<0.05). Kontrollgruppen og intervensjonsgruppen hadde ingen endring i akselerasjon. Intervensjonsgruppen hadde en moderat økning i toppfart (ES = 0.83, P<0.05). Sistnevnte rapporterte også høyest grad av muskelstølheth over de fire ukene (P<0.05).

#2 Malone & Roe et al., 2017

Denne prospektive kohortstudien observerte 37 spillere fra en eliteklubb i gælisk fotball. De målte skadeinsidens i underekstremitetene, spillernes opplevde anstrengelse (RPE) av kamp og trening, langvarig belastning, og antall og distanse av maksimale hastighetsaksjoner (MHA). For å måle spillernes belastning i kamp og trening, ble Borgs CR-10 skala (RPE) brukt. Hver spillers RPE ble så ganget med varigheten av treningsøkta, og beskrevet i "arbitrary units" (AU). Gjennomsnittlig AU over en uke ble brukt for å regne ut 4-ukers (langvarig) treningsbelastning. Gjennom individuelle GPS-målere ble antall og distanse av MHA målt.

Spillere med økt langvarig treningsbelastning (≥ 4750 AU) og som gjennomførte 10-15 MHA i løpet av uka, hadde signifikant redusert risiko for skade sammenlignet med de som hadde lik belastning og færre MHA. For spillere som dekte en distanse av MHA på 90-120m med samtidig høy langvarig belastning (≥ 4750 AU), hadde signifikant redusert risiko for skade, sammenlignet med spillere som hadde mindre enn 60m av MHA, og høy belastning ($P=0.026$). Dette resulterte i at spillere med høyere langvarig belastning (≥ 4750 AU), høyere antall (10-15stk) og økt distanse (90-120m) av MHA hadde en signifikant reduksjon i skaderisiko, sammenlignet med spillere med samme langvarig belastning og færre MHA av kortere distanse ($<60m$). Motsatt var spillere med lavere langvarig belastning signifikant mer utsatt for skade, da de utførte samme antall (10-15) MHA ($P=0.107$), og dekket samme distanse (90-120m) av MHA ($p=0.016$).

#3 Malone et al., 2018

Kohortstudien av Malone et al (2018) ble gjennomført på 37 spillere i den portugisiske ligaen over en 48 måneders periode. Treningsbelastning ble monitorert under trening og kamp ved hjelp av RPE*tid (=AU), i tillegg til ekstern måling ved hjelp av GPS-system. De definerte "high speed running" (HSR) >14.4 km/t, og "sprint running" (SR) >19.8 km/t. Som utfallsmål har de brukt langvarig treningsbelastning, økning i treningsbelastning og skadeinsidens.

Utøverne som gjennomførte moderate distanser av HSR (701–750-m) og SR (201–350-m), hadde en redusert skaderisiko sammenlignet med de som hadde kortere distanse av HSR ($<674m$, $P<0.025$) og SR ($<165m$, $P<0.005$). Samtidig ble det målt at de med en akutt ukentlig økning i HSR (351-455m, $P<0.011$) og SR (75-105m, $P<0.001$) opplevde en økt skaderisiko. Utøvere som hadde en høy langvarig treningsbelastning, (≥ 2584 AU) var

signifikant mindre utsatt for skader ($P < 0.024$), mens utøvere som hadde lav langvarig treningsbelastning og samme distanse av HSR (701-750), hadde høyere skaderisiko ($P < 0.036$).

#4 Mendiguchia et al., 2015

Denne RCT-en undersøkte effektene av et nevro-muskulært treningsprogram som kombinerer eksentrisk styrke i hamstrings, fremover-orientert plyometri og sprinttrening. 60 utøvere fra ni fotballklubber på amatørnivå, ble delt inn i kontroll- og intervensjonsgruppe. Studien ble gjennomført i første halvdel av den spanske ligaen. Alle spillerne trente med sine respektive klubber tre ganger i uka (90 min per økt) med en kamp i helgene.

Treningsprogrammet bestod av totalt 14 økter, fordelt på to økter i uka. Øktene var skilt med minimum 48 timer. Deltakerne ble testet før og etter endt treningsperioden. Pre- og posttest bestod av to økter, utført på to forskjellige dager. Utøverne ble bedt om å ikke trene hardt to dager før testene. Forfatterens utfallsmål var isokinetisk styrke i quadriceps og hamstrings, toppfart og hastighet etter fem og 20 meter under en 50 meter sprint, samt horisontale mekaniske variabler knyttet til sprint (horisontal power: hastighet*kraft).

Intervensjonsgruppen viste økning i både konsentrisk- ($ES = 0.70/0.74$) og eksentrisk styrke ($ES = 0.66/0.87$) i hamstringsmuskulaturen, sammenlignet med kontrollgruppen ($ES = 0.27/0.34$, $ES = -0.02/0.11$). En mindre økning av konsentrisk styrke i quadriceps ($ES = 0.38/0.58$) gav samtidig en betydelig økning i H:Q funksjonelle styrke ratio ($ES = 0.32/0.75$). Kontrollgruppen viste liten til ingen forandring på H:Q funksjonelle styrke ratio ($ES = -0.02/0.11$). Utenom små, men betydelige forbedringer i 5-m sprint ($ES = 0.32$), viste intervensjonsgruppen trivielle forandringer i sprintprestasjon og flertallet av de analyserte horisontale mekaniske variabler knyttet til sprint. Til motsetning, ble det observert små svekkelser i sprintprestasjon hos kontrollgruppen ($ES = -0.35/-0.11$).

#5 Mendiguchia et al., 2020

I denne kontrollerte prospektive intervensjonsstudien ble 32 deltakere fra portugisisk eliteserie i fotball inkludert. Målet var å sammenligne effekten av to treningsprogram. Utfallsmål deres var sprintprestasjon i form av 5m- og 20m sprint med de underliggende mekaniske faktorene horisontal power og dens respektive kraft og hastighet. Arkitekturelle forandringer som tykkelse, fasikkellengde og pennasjonsvinkel av BFlh, ble målt ved hjelp av ultralyd. Utøverne ble randomisert i tre grupper og så matchet sammen for å unngå mulig

konfundere. Det var to intervensjonsgrupper der én gruppe drev med systematisk sprinttrening to ganger i uka (“Sprint”), og den andre gjennomførte et progressivt eksentrisk treningsprogram ved bruk av NHE i samme tidsperiode (“Nordic”). Alle gruppene gjennomførte samme fotballtreninger, og kontrollgruppa (“Fotball”) fikk ikke lov å drive med egentrening av styrke eller sprint.

For “Sprint” ble det vist stor økning i fasikkellengde (ES = 2.13) og muskeltykkelse (ES = 1.14) for biceps femoris, moderat økning sprintprestasjon 5m (ES = -0.77) og liten økning i 20m (ES = -0.58). “Nordic” viste liten økning av fasikkellengden (ES = -0.26) og muskeltykkelsen (ES = -0.57) i biceps femoris, og liten nedgang i 5m (ES = 0.32) og 20m (ES = 0.35). “Fotball” viste ingen signifikant økning i hverken fasikkellengde, muskeltykkelse eller sprintprestasjon. “Sprint” sammenlignet med “Fotball” viste en moderat økning i hastighet (ES = 0.76), triviell økning i kraft (ES = 0.07) og moderat økning i power (ES = 0.41). Videre viste “Sprint” en liten økning i hastighet (ES = 0.26), moderat økning i kraft (ES = 1.18) og en stor endring i power (ES = 1.53).

#6 Raya-Gonzales et al., 2021

Denne RCT-en hadde som mål å undersøke effekten av et treningsprogram, bestående av NHE og sprinttrening, på fysisk prestasjon og forebygging av hamstringsskader hos unge fotballspillere. Følgende utfallsmål ble brukt: tiden i lineær sprint (10-, 20-, 30m) og sprint med én retningsforandring (10-+10m), skadeinsidens (hamstringsskader per 1000t eksponering) og skadebyrde (fraværsdager per 1000t eksponering). 67 U19-spillere fra samme fotballakademi deltok frivillig i studien. Fotballspillerne ble tilfeldig delt i en kontroll- og en intervensjonsgruppe. Trente som vanlig tre ganger i uka, med en kamp i helgene. Lineær sprint (2*30m sprint, med mål etter 10, 20 30m: SPR10, SPR20, SPR30) og sprint med retningsforandring (COD) på 90 grader med/uten dominant fot (CODd, CODnd) (4*10+10m, 2 hver fot), ble målt som pre-og post-test. Skadeinsiden og skadebyrde ble målt over de 14 ukene. Utøverne trente vanlig, hvor intervensjonsgruppen inkluderte NHE og sprinttreningsprogrammet én gang i uka. Treningsprogrammet, som bestod av NHE og 40 m-sprinter, varte i 15-20 minutter, og ble gjennomført etter vanlig fotballtrening (75-90 min). Progressiv overbelastning ble implementert for hver øvelse.

Resultatene viste en signifikant økning i prestasjon hos intervensjonsgruppen på 20m (P=0.016) og 30m sprint (P=0.008). Videre ble det vist en reduksjon i CODd (P=0.650) og

CODnd ($P=0.06$). Studien viste ingen signifikant økning i 10m sprint ($P=0.279$).

Kontrollgruppen viste kun reduksjon i CODd ($P=0.004$). Signifikant forskjell ble funnet i skadebyrde for intervensjonsgruppen (3,82 mot 27,82 per 1000t eksponering). Liten forskjell i skadeinsidensen ble funnet mellom kontroll- og intervensjonsgruppen (1,42 mot 0,55 per 1000t eksponering).

#7 Verrall et al., 2005

Prospektiv kohortstudie gjennomført av Verrall et al. (2005). De har fulgt et australsk fotballag gjennom fire sesonger. To år med observasjon, og samling av data utgjorde bakgrunnen for intervensjonsprogrammet. For å systematisk kunne samle data har de brukt følgende utfallsmål: antall utøvere med HMI, tapte kampdager, og skadeinsidens i trening- og kampaktivitet før og etter intervensjonen.

Etter intervensjonen, ble skadeinsidensen redusert fra 4.7 til 1.3 per 1000t kampaktivitet ($P<0.001$). Treningsskadene gav en ikke-signifikant reduksjon fra 1.7 til 0.7. I løpet av de to første årene av studien fikk ni og elleve utøvere HMI. De to siste årene ble antall HMI redusert til to og fire skader. I tillegg ble kamper mistet redusert fra 31 og 38, til 5 og 16 etter intervensjonen. Dette gav en positiv nedgang i antall HMI ($P<0.05$).

5.4 Felles utfallsmål

I tabell 5 er inkluderte studier presentert med en kortfattet oppsummering av utfallsmål og resultater fra studiene som ligger til grunn for denne litteraturstudien. Av studiene utforsket fire skadeinsidens (2, 3, 6 og 7), fire sprintrelaterte faktorer (1, 4, 5 og 6), to treningsbelastning (2 og 3) og tre styrkevariabler (1, 4 og 5). Dette ble brukt som litteraturstudiens utfallsmål.

De fire studiene med skadeinsidens som utfallsmål, hadde felles definisjon på skadeinsidens; antall skader per 1000t eksponering. Utenom studie 7, definerte de resterende studiene (2, 3 og 6) skade noe som oppstår under strukturert trening eller kamp, og resulterer i fravær av påfølgende aktivitet. Dette korrelerer med definisjonen av skade og “time loss”-skade til FIFA: “Any physical complaint sustained by a player that results from a football match or football training (...) an injury that results in a player being unable to take a full part in future football training or match play as a “time loss injury” (Fuller et al., 2006). Studie 7 definerte

skade som opplevd atraumatisk smerte, med bekreftelse av MR (negativ MR resultat for HMI ble også registrert).

Sprintrelaterte faktorer som utfallsmål defineres ulikt i de respektive studiene. Studie 1 ser på utfallsmålet i form av akselerasjon og toppfart. Utøverne gjennomførte sprinttest på 40 meter, med hastighet målt hver tiende meter. Akselerasjon ble regnet som tiden fra 0-10m, og toppfart 30-40m. Studie 6 hadde lignende tilnærming til utfallsmålet. Der målte de hastigheten etter 10-, 20- og 30m i lineær sprint, samt etter 10+10m i sprint med retningsforandring. Studie 4 og 5 målte toppfart, tiden ved 5- og 20m, i tillegg til å regne seg fram til power, kraft og hastighet, som sine sprintrelaterte faktorer. Som målemetode brukte tre av studiene "timing gates" (1, 2 og 6), hvor de resterende brukte en tripod 10m bak utøverne.

To av studiene har brukt felles en definisjon og målemetode for treningsbelastning (2 og 3). Intensitet ble målt med RPE og sRPE, hvor sRPE ble brukt til utregning av tre og fire uker langvarig treningsbelastning. Antall og distanse av MHA, SR og HSR ble målt ved hjelp av GPS-teknologi. Tidligere målt toppfart ble brukt som referansepunkt for å vite når spillerne var i de ulike hastighetsintervallene.

Tre studier har brukt styrkevariabler som utfallsmål (1, 4, 5). Studie 1 målte kun eksentrisk styrke i hamstrings ved hjelp av et "NordBord". Dette skal være en reliabel målemetode for både eksentrisk- og asymmetrisk styrke, samt avdekke eventuell styrkereduksjon etter tidligere skade (Opar et al., 2013). I studie 4 ble det brukt et isokinetisk dynamometer til å måle maksimal konsentrisk omdreiningskraft i quadriceps, maksimal konsentrisk og eksentrisk omdreiningskraft i hamstrings, og konvensjonell- og funksjonell hamstrings:quadriceps ratio. Studie 5 har benyttet ultralyd for å måle fasikkellengde, muskeltykkelse og pennasjonsvinkel. For å regne ut de horisontale mekaniske variablene power, kraft og hastighet, som er inkludert i studie 4 og 5, er det brukt valide målemetoder (Samozino et al., 2016).

6.0 Diskusjon

6.1 Skadeinsidens

Som presentert i innledning og teori, står hamstringskader for rundt 12% prosent av alle skader innenfor hastighetskrevende lagidretter (Ekstrand et al., 2011; Green et al., 2020; Kerin et al., 2022). To av studiene (6 og 7) bruker skadeinsidens som utfallsmål. Ifølge Phillips (2000) vil det alltid være komplisert å sammenligne skadeinsidens på tvers av ulike idretter. Faktorer som treningstimer, intensitet, kjønn, alder og antall utøvere som er involvert, er eksempler på elementer som kan spille inn på skadeinsidensen (Phillips, 2000). Både studie 6 og 7 definerer skadeinsidens som antall skader per 1000t trening eller kampaktivitet. Studie 6 definerte skadebyrde som per 1000t trening og kampaktivitet som går tapt grunnet skader, mens studie 7 bruker antall kampdager tapt, definert av oss som skadebyrde.

Studie 6 gjennomførte en 14 ukers intervensjon bestående av nordic-hamstrings og sprinttrening. Dette gav en ikke-signifikant reduksjon i skadeinsidens.

Intervensjonsprogrammet skal imidlertid inneholde tilstrekkelig treningsbelastning til å gi en skadeforebyggende effekt (Al Attar et al., 2017). Forfatterne opplyser ikke om grad av compliance for deltakerne, som ifølge Bahr et al. (2015) kan ha innvirkning på effekten av intervensjonsprogrammet. Studie 6 påpeker at deltakernes gjennomsnittsalder (17, 8 år) og lengden på intervensjonen kan spille inn på resultatene. I motsetning til studie 6, viste studie 7 en signifikant nedgang i skadeinsidensen etter intervensjonen. Denne bestod av gjentatte sprinter og akselasjoner, passiv tøyning på hamstrings i pauser og hastighetsøvelser med flektert hofte. Det ble observert en reduksjon i kamprelatert skadeinsidens, mens insidensen på trening forble uendret. Samtidig ble reduksjonen kun sett for mindre skader (skadebyrde på én uke). Forfatterne av studie 7 har gjort rede for mulige konfundere som styrketrening og tidligere HMI, ettersom disse faktorene kan ha stor påvirkning for skaderisiko (Al Attar et al., 2017; Ekstrand et al., 2011; Green et al., 2020; Kerin et al., 2022).

Både studie 6 og 7 viste en signifikant reduksjon i skadebyrde. En del av forklaringen kan være en økning i eksentrisk styrke og fasikkellengde ved sprinttrening (Freeman., et al 2019; Mendiguchia et al., 2020). Begge studiene har inkludert flere treningsprotokoller i intervensjonen, som gjør det vanskelig å si hva som har størst innvirkning på skadeinsidensen. Dette gjør det utfordrende å bedømme den forebyggende effekten av sprinttrening mot HMI.

Fremtidige studier bør sammenligne sprinttrening med andre intervensjoner, og ha lenger varighet for å bruke skadeinsidens som utfallsmål.

6.2 Sprintrelaterte faktorer

Sprintrelaterte faktorer var blant utfallsmålene brukt i denne oppgaven, og totalt fire av de inkluderte studiene (1, 4, 5 og 6) brukte dette som utfallsmål. Alle utøverne var fotballspillere fra forskjellig nivå, utenom studie 1 som i tillegg inkluderte fire andre lagidretter. Utenom studie 4 og 5, ble det målt ulike variabler mellom studiene. Studie 1 viste moderat økning i toppfart. I studie 4 ble det sett små, men betydelige forbedringer i 5m sprint, hvor studie 5 observerte moderate forbedringer i 5m sprint. I samme studie ble det også sett moderat økning i 20m sprint. I motsetning til studie 4 som ikke viste betydelige forandringer, viste studie 5 små forbedringer i hastighet, og moderate forbedringer i kraft og power. I studie 6 ser vi en økt prestasjon i både 20- og 30m sprint, men en reduksjon i sprint med retningsforandring (10+10m).

I akselerasjonsfasen hvor hastigheten er lav, må kraftproduksjonen være høy for å generere mest mulig power (Edouard et al., 2021). To prospektive studier konkluderte at lav horisontal kraftproduksjon kan være assosiert med økt risiko for HMI (Edouard et al., 2021; Lahti et al., 2022). Studie 5 viste moderate forbedringer i 5m sprint, kraft og power, samt små forbedringer i hastighet, noe som kan styrke grunnlaget for bruk av sprinttrening. Studie 4 viste også forbedringer i 5m sprint, men resultatet ble presentert uten betydelige forandringer i de horisontale mekaniske variablene. Ser man tilbake på intervensjonen, ble det i studie 4 brukt et program med styrketrening for den posteriore kjeden og et større fokus på plyometri i tillegg. Det kan da diskuteres om hvorvidt det var andre faktorer enn de horisontale mekaniske variablene, som stod bak økningen i akselerasjon.

Studie 6 viste bedring i alle distanser for lineær sprint sammenlignet med kontrollgruppen, men resultatene i 10m sprint var ikke-signifikant ($P=0.053$). I motsetning til studie 4 og 5 er intervensjonen mindre fokusert på akselerasjon, noe som kan forklare mindre økning i 10m sprint sammenlignet med resultatene fra 20- og 30m. Studien diskuterer selv et mindre fokus på akselerasjon, hvor en stillestående start kun ble brukt i fem av totalt 14 sprintøkter. Liknende resultater ble sett hos studie 1 med en ikke-signifikant økning i 10m sprint, men moderate i toppfart. Ser man på intervensjonen, har den også lite fokus på akselerasjonsfasen. Kun tre av totalt åtte sprintøkter hadde en stillestående start, hvor resterende hadde enten

gående eller joggende. I studien begrunnes dette med at en modifisering av startposisjonen vil skape gunstigere arbeidsforhold for trening av toppfart. I tillegg vil dette også være med på å belaste hamstrings mer mot slutten av svingfasen, som er vist å være der muskulaturen jobber mest eksentrisk, med å bremse kneekstensjonen (Higashihara et al., 2018). Det viktigste tiltaket for å redusere risikoen for HMI er å øke den eksentriske styrken (Myklebust, 2020, s.366). Dermed kan det tenkes at sprint opp mot toppfart vil kunne ha en positiv innvirkning på den eksentriske styrken, som studie 1 viste.

Forskning tyder på at trening med fokus på å øke den horisontale kraftproduksjonen, kan ha gunstig effekt for å redusere risikoen for HMI (Edouard et al., 2021; Lahti et al., 2022). Studie 4 og 5 viser at sprinttrening, med en akselerasjonsfase, kan være med å øke den horisontale kraftproduksjonen. Samlet viste studiene en bedring i toppfart og alle sprinter fra 20m og oppover. Trening på slike distanser kan være med å redusere risikoen for HMI, da de fleste skader oppstår i sen svingfase eller standfase nær maksimal hastighet (Edouard et al., 2019; Kenneally-Dabrowski et al., 2019). En bedring i sprintprestasjon, både akselerasjon og toppfart, kan derfor være med å redusere risikoen for HMI.

6.3 Styrkevariabler

HMI under sprint oppstår som oftest når belastningen overskrider terskelen til å produsere eksentrisk kraft (Kerin et al., 2022). At muskelen generer mest kraft under eksentrisk muskellarbeid, er også trolig grunnen til at sprintrelaterte skader er den vanligste formen for strekkskader (Roig et al., 2009; Timmins & Shield et al., 2016). Styrkevariabler ble inkludert som utfallsmål i tre av syv studier (1, 4 og 5), hvor det ble sett en økning i styrke hos alle tre studiene. Studie 4 viste en større økning i eksentrisk styrke enn konsentrisk for hamstrings. Dette er fordelaktig grunnet de skadeforebyggende effektene eksentrisk styrke gir mot HMI, kontra konsentrisk (Roig et al., 2009).

Studie 1 og 5 sammenlignet mer konkret effekten utøverne fikk kun fra sprinttrening og NHE. Førstnevnte studie viste at sprinttrening og NHE gav tilnærmet lik fremgang i eksentrisk hamstringsstyrke, men sprinttrening var fordelaktig sett opp mot toppfart. Sammenlignet med NHE gav sprinttrening, i studie 5, en større økning i fasikkellengde, muskeltykkelse og sprintprestasjon. Forskning viser korrelasjon mellom muskeltykkelse, sprintprestasjon og de mekaniske variablene relatert til sprint (Nuell et al., 2021). En økning i muskeltykkelse, som forbedrer de mekaniske variablene, kan derfor ha positiv effekt både på sprintprestasjon og

forebygging. Den skadeforebyggende effekten ved økt fasikkellengde er flere sarkomerer i serie, noe som øker kontraksjonshastigheten, samt reduserer skaderisikoen markant (Timmins & Bourne et al., 2016). I tillegg har Timmins et al. (2017; Timmins & Bourne et al., 2016; Timmins & Ruddy et al., 2016) ved flere anledninger vist til at tidligere HMI er med på å redusere fasikkellengden og den eksentriske styrken, noe som kan være med på å forklare den høye gjentakelsesraten (Ekstrand et al., 2011; Green et al., 2020; Kerin et al., 2022).

Studie 1 sammenlignet effekten av sprinttrening på eksentrisk styrke med NHE, som er en velkjent treningsmetode for eksentrisk overbelastning (Lee et al., 2018; Opar et al., 2012). Resultatene viser fremgang av begge treningsmetodene, uten signifikant forskjell. At sprint potensielt har like stor effekt på eksentrisk styrke som NHE, kan være grunn til å implementere sprinttrening i større grad under den totale treningsbelastningen til utøvere.

Av studiene, presenterte studie 4 størst progresjon i eksentrisk hamstringsstyrke og H:Q ratio. Intervensjonen kombinerte både eksentrisk styrketrening, plyometri og sprinttrening. Tidligere forskning har vist at eksentrisk styrketrening har god evne til å påvirke H:Q ratioen (Rudisill et al., 2022). I studie 4, hvor sprinttrening ble implementert, så man en betydelig økning i det funksjonelle forholdet. På den andre siden, er det manglende grunnlag for å si noe om hvilken treningsform som hadde størst innvirkning på resultatet, siden intervensjonen inkluderte sprint, plyometri og eksentrisk styrke. Hvor sterk korrelasjonen mellom sprinttrening og en økning i H:Q ratio er, kan derfor ikke sies sikkert. Betydningen av H:Q ratio er omdiskutert, og det er usikkert hvilken forebyggende rolle den har mot HMI (Fousekis et al., 2011; Lee et al., 2018; van Dyk et al., 2016). Resultatene fra studie 4 viser en større økning i eksentrisk styrke, hvor flere treningsprotokoller er kombinert, enn studiene som tar for seg sprinttrening eller NHE isolert. Dette tyder på at en kombinasjon av flere treningsmetoder kan være gunstig i et multifaktorielt samspill mot HMI.

6.4 Langvarig treningsbelastning

Studie 2 og 3 viser at spillere som gjennomførte moderat antall og distanser av MHA og SR, kombinert med høy langvarig treningsbelastning, er mindre utsatt for skader enn referansegruppene med samme distanse og antall MHA og SR, men lavere langvarig treningsbelastning. De har også funn som viser at spillere med høy langvarig treningsbelastning, men som ikke dekket like mange MHA eller like store distanser (MHA: 90-120m, SR: 75-105m) foregående uke, var mer utsatt for skade. Disse funnene peker mot at

både MHA, SR og den totale treningsbelastningen spiller inn på skaderisikoen. Studie 3 viste også at spillere med stor ukentlig økning i belastning var mer utsatt for skade. Resultatet kan tyde på at spillere som gjennomfører moderat antall og distanser av høy-hastighetsaksjoner, har redusert risiko for skade når de har hatt en periode med høy langvarig treningsbelastning. Dette vil forutsette at sprinttreningen blir gjennomført på en fornuftig måte med progressiv belastning. Gabbett (2016) påstår at fornuftig progresjon i spesifikk trening og høy langvarig treningsbelastning, gir en skadeforebyggende effekt. I tillegg påpeker Edouard (2019) at spillere som utsettes for høy-hastighetsaksjoner, bør utsettes for lignende omstendigheter under trening. På bakgrunn av teorien vil det være fornuftig å tenke at spillere som har evne til å gjennomføre flere høy-hastighetsaksjoner i en kamp, har bedre evne til å tolerere repetitive dynamiske anstrengelser og kraftabsorpsjoner. Den reduserte risikoen kan komme av at spillerne har bedre muskulær utholdenhet, og dermed kan fatigue inntreffe på et senere tidspunkt (Allen et al., 2010; Mair et al., 1996; Morgan, 1990; Pinniger et al., 2000).

Både studie 2 og 3 har målt skader i underekstremitetene, men uten å vise til spesifikke skader. Samtidig er HMI en av de hyppigste muskelskadene innen fotball og gælisk fotball (Ekstrand et al., 2011; Dekkers et al., 2022). Derfor antas det at HMI er en betydelig del av deres resultater.

6.5 Validitet for inkluderte studier

De inkluderte RCT-ene var alle scoret til “middels” kvalitet gjennom PEDro-scale. Studiene hadde begrenset score, på grunn av kriteriene knyttet til “blinding”. I intervensjonsstudier på idrettsutøvere er dette forståelig fordi utøvere og observatører vil kunne se hvem som utfører gitt intervensjon. RCT-ene fikk poeng på kriteriene for randomisering, homogenitet mellom kontroll- og intervensjonsgruppen, og statistisk fremstilling av resultatene. Disse kriteriene anser PEDro som viktigst for studienes validitet (PEDro, 1999). Sikring av validitet for kohortstudiene ble gjort gjennom Helsebibliotekets sjekklister (2018). Vår erfaring med kvalitetssikring vil spille inn ved bruk av en slik subjektiv vurdering. Forfatterne av kohortstudie 2 og 3 har i liten grad opplyst om mulig bias og konfundere i sine artikler, som svekker studienes validitet. Ingen av de to studiene tar for seg skadehistorikken til spillerne og man kan ikke vite om spillere har blitt utsatt for gjentakende skader. I følge Gabbe et al. (2006) og Verrall et al. (2006) er tidligere HMI en stor risikofaktor for re-skade, og siden tidligere skader ikke er tatt i betraktning i studie 2 og 3, kan det skape en viktig konfunder. For studie 2 og 3 er det heller ikke rapportert hvordan skadene har oppstått.

Flere av de samme forfatterne har gjennomført studie 2 og 3, og det samme gjelder studie 4 og 5. Dette kan påvirke litteraturstudiens interne validitet, da våre resultater kommer fra en smalere gruppe fagpersoner. For eksempel kan gjentakelse av metodiske feil og mulig bias ha en innvirkning.

6.6 Validitet, reliabilitet og generalisering

Denne litteraturstudien har tatt for seg mulige effekter sprint og sprinttrening kan ha, for forebygging av HMI. En svakhet med oppgaven er RCT-enes heterogenitet av utfallsmål og metode. Dette påvirket sammenligningen av resultatene, og gjorde det utfordrende å vurdere effekten sprint og sprinttrening har mot HMI. Heterogeniteten og de forskjellige utfallsmålene kan komme av at inklusjonskriteriene og eksklusjonskriteriene ikke var spesifikke nok. Det ble imidlertid gjort et bredt systematisk litteratursøk i databasene PubMed og SPORTDiscus. Videre kan antall forfattere av litteraturstudien være med å styrke litteraturstudiens reliabilitet ved å øke muligheten for at alle relevante artikler ble inkludert.

Varighet på intervensjonene, deltakere, alder og antall frafall i noen av studiene (1, 4, 5 og 6), kan påvirke litteraturstudiens generaliserbarhet. Studie 1 og 5 var like under inklusjonskriteriene for antall deltakere. Videre hadde førstnevnte en gjennomsnittsalder på 16 år. For de resterende studiene hadde deltakerpopulasjonen en alder på 18-25 år, og kom fra profesjonelt eller høyt amatørnivå. Med unntak av studie 1, som brukte utøvere fra fem forskjellige idretter, hadde de andre studiene utøvere fra hastighetskrevende lagidretter med lik skademekanisme for HMI. En svakhet ved litteraturstudien var et frafall som lå mellom 15-34% for de inkluderte RCT-ene. Dette kan delvis forklares av lavt deltakerantall i studiene.

For oppgavens problemstilling kunne det vært en fordel å begrense inklusjonskriteriene til RCT-er, da disse blir regnet som gullstandarden for å måle effekten av en intervensjon (Hariton & Locascio, 2018). Etter det systematiske søket, ble inklusjonskriteriene endret til å inneholde kohortstudier, på bakgrunn av mangel på relevante RCT-er i litteraturen. Kohortstudiene styrket oppgaven gjennom å vise sammenheng mellom langvarig treningsbelastning, MHA, SR og skadeinsidens.

6.7 Kliniske implikasjoner

Resultatene presentert i litteraturstudien kan overføres til personer som arbeider med skadeforebygging og treningsplanlegging for idrettsutøvere i hastighetskrevende lagidretter. Siden skadeinsidensen av HMI er stigende, kreves det nye metoder for å forebygge slike skader (Edouard et al., 2019; Opar et al., 2012). Denne litteraturstudien utfordrer dagens praksis, og legger frem et nytt alternativ som kan implementeres i forebyggingen. Resultatene viser at sprinttrening kan være med å bedre kjente risikofaktorer som eksentrisk styrke og fasikkellengde (Freeman et al., 2019; Mendiguchia et al., 2015, 2020). For fysioterapeuter og trenere vil det også være relevant å inkludere sprinttrening, da dette bedrer sprintprestasjon og samtidig reduserer risikoen for HMI. Resultatene antyder at en progressiv treningsbelastning, der utøvere gjennomfører moderat antall sprinter i uka, kan redusere risikoen for HMI (Malone et al., 2018; Malone & Roe et al., 2017).

7.0 Konklusjon

Litteraturstudien viser at sprinttrening potensielt kan ha en skadeforebyggende effekt mot HMI. Flertallet av studiene har vist at sprint kan være med å redusere skadeinsidensen. De inkluderte studiene som har gjennomført systematisk sprinttrening, viser økt eksentrisk styrke, fasikkellengde, muskelvolum og horisontale kraftvariabler. Sett alene og sammen med andre treningsformer, kan sprint ha positiv effekt på ulike risikofaktorer for HMI. Studienes heterogenitet og metodiske forskjeller gjør det utfordrende å sammenligne resultatene. Fremtidige studier bør sammenligne sprinttrening med andre intervensjoner og ha lenger varighet, for å bedre vurdere effekten sprint har på forebygging mot HMI.

8.0 Referanseliste

- Al Attar, W. S. A., Soomro, N., Sinclair, P. J., Pappas, E., & Sanders, R. H. (2017). Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 47(5), 907-916. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0638-2>
- Allen, T. J., Leung, M., & Proske, U. (2010). The effect of fatigue from exercise on human limb position sense. *J Physiol*, 588(Pt 8), 1369-1377. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.187732>
- Andrade, R., Wik, E. H., Rebelo-Marques, A., Blanch, P., Whiteley, R., Espregueira-Mendes, J., & Gabbett, T. J. (2020). Is the Acute: Chronic Workload Ratio (ACWR) Associated with Risk of Time-Loss Injury in Professional Team Sports? A Systematic Review of Methodology, Variables and Injury Risk in Practical Situations. *Sports Med*, 50(9), 1613-1635. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01308-6>
- Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2007). Acute First-Time Hamstring Strains during High-Speed Running: A Longitudinal Study Including Clinical and Magnetic Resonance Imaging Findings. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(2), 197-206. <https://doi.org/10.1177/0363546506294679>
- Bahr, R., Thorborg, K., & Ekstrand, J. (2015). Evidence-based hamstring injury prevention is not adopted by the majority of Champions League or Norwegian Premier League football teams: the Nordic Hamstring survey. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1466. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094826>
- Bex, T., Iannaccone, F., Stautemas, J., Baguet, A., De Beule, M., Verheghe, B., Aerts, P., De Clercq, D., & Derave, W. (2017). Discriminant musculo-skeletal leg characteristics between sprint and endurance elite Caucasian runners. *Scand J Med Sci Sports*, 27(3), 275-281. <https://doi.org/10.1111/sms.12649>
- Bisciotti, G. N., Chamari, K., Cena, E., Carimati, G., Bisciotti, A., Bisciotti, A., Quaglia, A., & Volpi, P. (2019). Hamstring Injuries Prevention in Soccer: A Narrative Review of Current Literature. *Joints*, 7(3), 115-126. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1712113>
- Biz, C., Nicoletti, P., Baldin, G., Bragazzi, N. L., Crimi, A., & Ruggieri, P. (2021). Hamstring Strain Injury (HSI) Prevention in Professional and Semi-Professional Football Teams: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 18(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph18168272>
- Bourne, M. N., Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2015). Eccentric Knee Flexor Strength and Risk of Hamstring Injuries in Rugby Union: A Prospective Study. *Am J Sports Med*, 43(11), 2663-2670. <https://doi.org/10.1177/0363546515599633>
- Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., & Li, F. X. (2017). Accumulated workloads and the acute:chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *Br J Sports Med*, 51(5), 452-459. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095820>
- Buckthorpe, M., Wright, S., Bruce-Low, S., Nanni, G., Sturdy, T., Gross, A. S., Bowen, L., Styles, B., Della Villa, S., Davison, M., & Gimpel, M. (2019). Recommendations for hamstring injury prevention in elite football: translating research into practice. *British Journal of Sports Medicine*, 53(7), 449-456. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099616>

- Cashin, A. G., & McAuley, J. H. (2020). Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *Journal of Physiotherapy*, 66(1), 59. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.005>
- Croisier, J. L. (2004). Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Med*, 34(10), 681-695. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00005>
- Dahl, H. A., & Rinvik, E. (2010). *Menneskets funksjonelle anatomi* (3 utg.). Cappelen akademiske forlag.
- Dalen-Lorentsen, T. (2020). Monitorering av utøvere: Hvordan styrer vi belastning. I I. Eitzen, S. M. Hollekim-Strand, & H. Markussen (Red.), *Idrettsfysioterapeuten: breddeidrett - toppidrett - aktivitetsmedisin* (s. 390). Cappelen Damm AS.
- PEDro scale. (1999). Hentet 07.12.22 fra <https://pedro.org.au/english/resources/pedro-scale/>
- Dekkers, T., O'Sullivan, K., Blake, C., McVeigh, J. G., & Collins, K. (2022). Epidemiology and moderators of injury in Gaelic football: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport*, 25(3), 222-229. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.10.003>
- Edouard, P., Lahti, J., Nagahara, R., Samozino, P., Navarro, L., Guex, K., Rossi, J., Brughelli, M., Mendiguchia, J., & Morin, J.-B. (2021). Low Horizontal Force Production Capacity during Sprinting as a Potential Risk Factor of Hamstring Injury in Football. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 7827. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/15/7827>
- Edouard, P., Mendiguchia, J., Guex, K., Lahti, J., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019). Sprinting: a potential vaccine for hamstring injury? *Sport Performance & Science Reports*, 1-2. https://sportperfsci.com/wp-content/uploads/2019/01/SPSR55_Edouard_190108_final.pdf
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*, 39(6), 1226-1232. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Häggglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med*, 50(12), 731-737. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095359>
- Eliakim, E., Morgulev, E., Lidor, R., & Meckel, Y. (2020). Estimation of injury costs: financial damage of English Premier League teams' underachievement due to injuries. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 6(1), e000675. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000675>
- Fanchini, M., Rampinini, E., Riggio, M., Coutts, A. J., Pecci, C., & McCall, A. (2018). Despite association, the acute:chronic work load ratio does not predict non-contact injury in elite footballers. *Science and Medicine in Football*, 2(2), 108-114. <https://doi.org/10.1080/24733938.2018.1429014>
- Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., & Vagenas, G. (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med*, 45(9), 709-714. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2010.077560>

- Freckleton, G., & Pizzari, T. (2013). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*, 47(6), 351-358. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090664>
- Freeman, B. W., Young, W. B., Talpey, S. W., Smyth, A. M., Pane, C. L., & Carlon, T. A. (2019). The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 59(7), 1119-1125. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.18.08703-0>
- Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., Hägglund, M., McCrory, P., & Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br J Sports Med*, 40(3), 193-201. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.025270>
- 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. *Scand J Med Sci Sports*, 16(1), 7-13. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00441.x>
- Gabbett, T. J. (2016). The training— injury prevention paradox: should athletes be training smarter & harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Gilroy, A. M., MacPherson, B. R., Ross, L. M., Schuenke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2017). *Atlas of anatomy* (3 utg.). Thieme Medical Publishers.
- Green, B., Bourne, M. N., van Dyk, N., & Pizzari, T. (2020). Recalibrating the risk of hamstring strain injury (HSI): A 2020 systematic review and meta-analysis of risk factors for index and recurrent hamstring strain injury in sport. *Br J Sports Med*, 54(18), 1081-1088. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100983>
- Gulseth, H. L., Meyer, H. E., Stigum, H., & Holvik, K. (2019). Ord og uttrykk om forskningsmetoder. I *Folkehelseinstituttet*. <https://www.fhi.no/kk/oppsummert-forskning-for-helsetjenesten/ord-og-uttrykk-om-forskningsmetoder/>
- Handsfield, G. G., Knaus, K. R., Fiorentino, N. M., Meyer, C. H., Hart, J. M., & Blemker, S. S. (2017). Adding muscle where you need it: non-uniform hypertrophy patterns in elite sprinters. *Scand J Med Sci Sports*, 27(10), 1050-1060. <https://doi.org/10.1111/sms.12723>
- Hariton, E., & Locascio, J. J. (2018). Randomised controlled trials - the gold standard for effectiveness research: Study design: randomised controlled trials. *Bjog*, 125(13), 1716. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.15199>
- Haugen, T., Seiler, S., Sandbakk, Ø., & Tønnessen, E. (2019). The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration of Scientific and Best Practice Literature. *Sports Medicine - Open*, 5(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0221-0>
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine*, 33(3), 196. <https://doi.org/10.1136/bjism.33.3.196>
- Helsebiblioteket. (2018). *Kunnskapsbasert praksis.no*. Hentet 02.11.22 fra <https://www.helsebiblioteket.no/innhold/artikler/kunnskapsbasert-praksis/kunnskapsbasertpraksis.no#4kritisk-vurdering-41-sjekkklister>

- Hem, E., & Ødegaard, R. (2009). Hvor ofte blir artikkelen sitert? *Tidsskrift for den Norske Laegeforening*, 129(3), 205. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.09.03E2>
- Hickey, J., Shield, A. J., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2014). The financial cost of hamstring strain injuries in the Australian Football League. *Br J Sports Med*, 48(8), 729-730. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092884>
- Higashihara, A., Nagano, Y., Ono, T., & Fukubayashi, T. (2018). Differences in hamstring activation characteristics between the acceleration and maximum-speed phases of sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 36(12), 1313-1318. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1375548>
- Hoshikawa, Y., Muramatsu, M., Iida, T., Uchiyama, A., Nakajima, Y., & Kanehisa, H. (2010). Event-related differences in the cross-sectional areas and torque generation capabilities of quadriceps femoris and hamstrings in male high school athletes. *J Physiol Anthropol*, 29(1), 13-21. <https://doi.org/10.2114/jpa2.29.13>
- Hulin, B. T., & Gabbett, T. J. (2019). Indeed association does not equal prediction: the never-ending search for the perfect acute:chronic workload ratio. *Br J Sports Med*, 53(3), 144-145. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099448>
- Häggglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med*, 47(12), 738-742. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092215>
- Jönhagen, S., Németh, G., & Eriksson, E. (1994). Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med*, 22(2), 262-266. <https://doi.org/10.1177/036354659402200218>
- Kenneally-Dabrowski, C. J. B., Brown, N. A. T., Lai, A. K. M., Perriman, D., Spratford, W., & Serpell, B. G. (2019). Late swing or early stance? A narrative review of hamstring injury mechanisms during high-speed running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(8), 1083-1091. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/sms.13437>
- Kerin, F., Farrell, G., Tierney, P., McCarthy Persson, U., De Vito, G., & Delahunt, E. (2022). Its not all about sprinting: mechanisms of acute hamstring strain injuries in professional male rugby union—a systematic visual video analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 56(11), 608-615. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104171>
- Lahti, J., Mendiguchia, J., Edouard, P., & Morin, J. B. (2022). A novel multifactorial hamstring screening protocol: association with hamstring muscle injuries in professional football (soccer) - a prospective cohort study. *Biol Sport*, 39(4), 1021-1031. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2022.112084>
- Lee, J. W. Y., Mok, K. M., Chan, H. C. K., Yung, P. S. H., & Chan, K. M. (2018). Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *J Sci Med Sport*, 21(8), 789-793. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.11.017>
- Lieber, R. L., & Bodine-Fowler, S. C. (1993). Skeletal muscle mechanics: implications for rehabilitation. *Phys Ther*, 73(12), 844-856. <https://doi.org/10.1093/ptj/73.12.844>
- Lieber, R. L., & Fridén, J. (1993). Muscle damage is not a function of muscle force but active muscle strain. *J Appl Physiol (1985)*, 74(2), 520-526. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.2.520>

- Lieber, R. L., & Fridén, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve*, 23(11), 1647-1666. [https://doi.org/10.1002/1097-4598\(200011\)23:11<1647::aid-mus1>3.0.co;2-m](https://doi.org/10.1002/1097-4598(200011)23:11<1647::aid-mus1>3.0.co;2-m)
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713-721. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>
- Mair, S. D., Seaber, A. V., Glisson, R. R., & Garrett, W. E., Jr. (1996). The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. *Am J Sports Med*, 24(2), 137-143. <https://doi.org/10.1177/036354659602400203>
- Malone, S., Owen, A., Mendes, B., Hughes, B., Collins, K., & Gabbett, T. J. (2018). High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk? *J Sci Med Sport*, 21(3), 257-262. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.016>
- Malone, S., Owen, A., Newton, M., Mendes, B., Collins, K. D., & Gabbett, T. J. (2017). The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *J Sci Med Sport*, 20(6), 561-565. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.014>
- Malone, S., Roe, M., Doran, D. A., Gabbett, T. J., & Collins, K. (2017). High chronic training loads and exposure to bouts of maximal velocity running reduce injury risk in elite Gaelic football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(3), 250-254. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.005>
- Matos, A. P., & Pegorari, M. S. (2020). How to Classify Clinical Trials Using the PEDro Scale? *J Lasers Med Sci*, 11(1), 1-2. <https://doi.org/10.15171/jlms.2020.01>
- Medeiros, D. M., Marchiori, C., & Baroni, B. M. (2021). Effect of Nordic Hamstring Exercise Training on Knee Flexors Eccentric Strength and Fascicle Length: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(3), 482-491. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0388>
- Mendiguchia, J., Conceição, F., Edouard, P., Fonseca, M., Pereira, R., Lopes, H., Morin, J. B., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. *PLoS One*, 15(2), e0228283. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228283>
- Mendiguchia, J., Martinez-Ruiz, E., Morin, J. B., Samozino, P., Edouard, P., Alcaraz, P. E., Esparza-Ros, F., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scand J Med Sci Sports*, 25(6), e621-629. <https://doi.org/10.1111/sms.12388>
- Merriam-Webster. (2022). *Peer review*. Merriam-Webster. Hentet 04.11.22 fra <https://www.merriam-webster.com/dictionary/peer%20review>
- Milanese, S., & Eston, R. (2019). Hamstring injuries and Australian Rules football: over-reliance on Nordic hamstring exercises as a preventive measure? *Open Access J Sports Med*, 10, 99-105. <https://doi.org/10.2147/oajsm.S212008>
- Morgan, D. L. (1990). New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophys J*, 57(2), 209-221. [https://doi.org/10.1016/s0006-3495\(90\)82524-8](https://doi.org/10.1016/s0006-3495(90)82524-8)

- Myklebust, G. (2020). Forebyggende treningsprogrammer. I I. Eitzen, S. M. Hollekim-Strand, & H. Markussen (Red.), *Idrettsfysioterapeuten: breddeidrett - toppidrett - aktivitetsmedisin* (s. 366). Cappelen Damm.
- Nuell, S., Illera-Domínguez, V., Carmona, G., Macadam, P., Lloret, M., Padullés, J. M., Alomar, X., & Cadefau, J. A. (2021). Hamstring Muscle Volume as an Indicator of Sprint Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(4), 902-909. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003976>
- Oakley, A. J., Jennings, J., & Bishop, C. J. (2018). Holistic hamstring health: not just the Nordic hamstring exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 52(13), 816. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097137>
- Opar, D. A., Piatkowski, T., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2013). A novel device using the Nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: a reliability and retrospective injury study. *J Orthop Sports Phys Ther*, 43(9), 636-640. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4837>
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring Strain Injuries. *Sports Medicine*, 42(3), 209-226. <https://doi.org/10.2165/11594800-000000000-00000>
- Peltoperä, T. M. (2020). Prinsipper for undersøkelse og behandling: muskel. I I. Eitzen, S. M. Hollekim-Strand, & H. Markussen (Red.), *Idrettsfysioterapeuten: breddeidrett - toppidrett - aktivitetsmedisin* (s. 287-288). Cappelen Damm AS.
- Phillips, L. H. (2000). Sports injury incidence. *British Journal of Sports Medicine*, 34(2), 133. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.2.133>
- Pinniger, G. J., Steele, J. R., & Groeller, H. (2000). Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function? *Med Sci Sports Exerc*, 32(3), 647-653. <https://doi.org/10.1097/00005768-200003000-00015>
- Raya-González, J., Torres Martin, L., Beato, M., Rodríguez-Fernández, A., & Sanchez-Sanchez, J. (2021). The effects of training based on Nordic hamstring and sprint exercises on measures of physical fitness and hamstring injury prevention in U19 male soccer players. *Research in Sports Medicine*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.2010206>
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*, 43(8), 556-568. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.051417>
- Rudisill, S. S., Varady, N. H., Kucharik, M. P., Eberlin, C. T., & Martin, S. D. Evidence-Based Hamstring Injury Prevention and Risk Factor Management: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *The American Journal of Sports Medicine*, 0(0), 03635465221083998. <https://doi.org/10.1177/03635465221083998>
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J. B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scand J Med Sci Sports*, 26(6), 648-658. <https://doi.org/10.1111/sms.12490>
- Saw, R., Finch, C. F., Samra, D., Baquie, P., Cardoso, T., Hope, D., & Orchard, J. W. (2018). Injuries in Australian Rules Football: An Overview of Injury Rates, Patterns, and Mechanisms Across All Levels of Play. *Sports Health*, 10(3), 208-216. <https://doi.org/10.1177/1941738117726070>

- Schache, A. G., Dorn, T. W., Blanch, P. D., Brown, N. A. T., & Pandy, M. G. (2012). Mechanics of the Human Hamstring Muscles during Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4). https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2012/04000/Mechanics_of_the_Human_Hamstring_Muscles_during.11.aspx
- Seglen, P. O. (1997). Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research. *BMJ*, 314(7079), 497. <https://doi.org/10.1136/bmj.314.7079.497>
- Silder, A., Reeder, S. B., & Thelen, D. G. (2010). The influence of prior hamstring injury on lengthening muscle tissue mechanics. *J Biomech*, 43(12), 2254-2260. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.02.038>
- Timmins, R. G., Bourne, M. N., Hickey, J. T., Maniar, N., Tofari, P. J., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2017). Effect of Prior Injury on Changes to Biceps Femoris Architecture across an Australian Football League Season. *Med Sci Sports Exerc*, 49(10), 2102-2109. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001333>
- 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*, 50(24), 1524-1535. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095362>
- Timmins, R. G., Ruddy, J. D., Presland, J., Maniar, N., Shield, A. J., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2016). Architectural Changes of the Biceps Femoris Long Head after Concentric or Eccentric Training. *Med Sci Sports Exerc*, 48(3), 499-508. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000795>
- Timmins, R. G., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2015). Biceps femoris long head architecture: a reliability and retrospective injury study. *Med Sci Sports Exerc*, 47(5), 905-913. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000507>
- Timmins, R. G., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). Architectural adaptations of muscle to training and injury: a narrative review outlining the contributions by fascicle length, pennation angle and muscle thickness. *British Journal of Sports Medicine*, 50(23), 1467-1472. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094881>
- van Dyk, N., Bahr, R., Whiteley, R., Tol, J. L., Kumar, B. D., Hamilton, B., Farooq, A., & Witvrouw, E. (2016). Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries: A 4-Year Cohort Study. *Am J Sports Med*, 44(7), 1789-1795. <https://doi.org/10.1177/0363546516632526>
- Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., & Barnes, P. G. (2005). The effect of sports specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players. *Br J Sports Med*, 39(6), 363-368. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018697>
- Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., Barnes, P. G., Fon, G. T., & Spriggins, A. J. (2001). Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med*, 35(6), 435-439; discussion 440. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.6.435>

