

Fremre korsbåndsskade og elektrisk muskelstimulering: En litteraturstudie på effekt av kombinerte metoder i rehabilitering.

Anterior cruciate ligament rupture and electrical muscle stimulation: a systematic review on the effect of combined methods in rehabilitation.



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

Bacheloroppgave i fysioterapi
HFYS3007
Kull FT17
Kandidatnummer: 10032

Trondheim, 6. Januar 2020.



Sammendrag/abstract

Tittel: Fremre korsbåndsskade og elektrisk muskelstimulering: en litteraturstudie på effekt av kombinerte metoder i rehabilitering.

Hensikt: Ruptur av fremre korsbånd er den hyppigste akutte ligamentskaden i kneet, og har alvorlige konsekvenser for utøveren både på kort og lang sikt. Med en høy prosentandel av re-skader bør det vurderes om andre tilleggsbehandlinger kan optimalisere og forbedre rehabiliteringen. Litteraturstudiet vurderer hvilken effekt elektrisk muskelstimulering har i kombinasjon med tradisjonelle rehabiliteringsmetoder for å styrke quadriceps etter rekonstruksjon av fremre korsbånd.

Metode: Litteraturstudie med litteratursøk i de vitenskapelige databasene «Pubmed», «Sport Discus» og «Cochrane library». Det ble søkt etter artikler utgitt i tidsintervallet 2000 til 2019.

Resultat: Totalt seks studier ble inkludert i denne litteraturstudien, alle utgitt i fagfelleverderte og vitenskapelige tidsskrift. Fem av seks studier var randomiserte kontrollerte studier, mens den siste var en observasjonsstudie uten randomisering. Intervensjonsgruppene med elektrisk muskelstimulering og tradisjonell rehabilitering hadde bedre resultater i alle studiene, men nådde ikke signifikant verdi i to av seks studier. Utfallet avhenger i stor grad av behandlingsfrekvens og -intensitet, dosering og varighet.

Konklusjon: Elektrisk muskelstimulering kan bidra til økt kraftutvikling i quadriceps, så lenge metode, dosering og varighet er optimalisert for korsbåndsoopererte. Funnene indikerer at MPC-metoden, med høy frekvens og intensitet, gjerne opp mot fem dager i uka er å foretrekke.

Title: Anterior cruciate ligament rupture and electrical muscle stimulation: a systematic review on the effect of combined methods in rehabilitation.

Aim: Anterior cruciate ligament rupture is the most frequent acute ligament injury to the knee and has serious consequences in both short and long term. With the high percentage of re-injuries, additional treatment should be considered to optimize and improve rehabilitation. This review assesses the effect of electrical muscle stimulation combined with traditional rehabilitation, in terms of strengthening quadriceps following reconstruction of the ACL.

Methods: A systematic review with literature search in the scientific databases «PubMed», «Sport Discus» and «Cochrane Library». The search included articles that were published between 2000 and 2019.

Results: A total of six studies were included in this review, all published in peer-reviewed and scientific journals. Five were randomized controlled trials and one were an observational study without randomization. The intervention groups that received combined electrical muscle stimulation and traditional rehabilitation had better results in all studies, but did not reach significant level in two of the six studies. The outcome largely depends on the frequency and intensity of the treatment, dosage and duration.

Conclusion: Electrical muscle stimulation can contribute to increased strength in the quadriceps, as long as the method, dosage and duration are optimized for people with ACLR. The findings favorise the MPC method with high frequency and intensity. They also show better results with frequent treatment, up to five days a week.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag/abstract	1
1. Innledning	1
1.1. Teori	2
1.1.1. Korsbåndskade – Operasjon	2
1.1.2. Tradisjonell rehabilitering - Faser og målsetning	3
1.1.3. Tradisjonell rehabilitering - Muskelstyrke	4
1.1.4. Elektrisk muskelstimulering som tilleggsbehandling.	5
1.2. Hensikten med litteraturstudiet	6
1.3. Problemstilling	6
1.4. Begrepsavklaring og definisjon av sentrale begrep.....	7
2. Metode	8
2.1. Valg av metode.....	8
2.2. Studiedesign, datainnsamling og søkeprosess.....	8
2.3. Inklusjons- og eksklusjonskriterier	9
2.4. Metodekritikk.....	12
3. Resultat	13
3.1. Inkluderte studier.....	13
3.2. Studienes deltakere.....	13
3.3. Studienes intervensjon og design.	13
3.4. Kvalitetssikring.	16
3.5. Kategorisering av hovedfunn.	17
3.5.1. NMES vs. tradisjonell rehabilitering.....	17
3.5.2. Aktiv NMES vs. tradisjonell rehabilitering.....	18
3.5.3. NMES + eksentrisk styrketrening vs. tradisjonell rehabilitering.	19
4. Diskusjon	20
4.1. Tolkning av funn	20
4.1.1. Metode, dosering og varighet.....	21
4.1.2. Graft	22
4.1.3. Tradisjonell rehabilitering	23
4.2. Funnenes betydning.....	23
4.2.1. Limb symmetry index	25
4.2.2. Relevans for fysioterapi	26
4.3. Styrker og svakheter med denne litteraturstudien	27
5. Konklusjon	29
6. Litteraturliste	30

7.	Vedlegg 1 - Oversikt over studiene.....	I
8.	Vedlegg 2 – STROBE statement sjekkliste	V

1. Innledning

Kneleddet er et av kroppens mer kompliserte ledd, og det stilles store krav til både aktive og passive strukturer for å opprettholde god stabilitet og hensiktsmessig bevegelsesmønster (Juel, 2014). Strukturene det henvises til er særlig den muskulære balansen mellom hamstrings og quadriceps femoris, samt fire sterke ligamenter som forhindrer ekstreme forskyvninger i sagittal- og frontalplan (Wisnes, 2013). En av disse fire er det fremre korsbåndet, også kalt anterior cruciate ligament eller ACL. ACL er involvert i 83% av de komplette akutte ligamentskadene i kneet, etterfulgt av MCL (10%), PCL (5%) og LCL (2%) (Juel, 2014). Det registreres rundt 4000 mennesker årlig i Norge som opplever ruptur av ACL, og rundt halvparten av disse velger å operere (Nasjonalt servicemiljø for medisinske kvalitetsregistre, u.å). Fokus på ACL-skader og rehabiliteringen av dem er dermed viktig både på grunn av dens hyppighet blant befolkningen, men også grunnet dens alvorlige konsekvenser for den enkelte og samfunnet for øvrig. Dette gjelder alt fra omfattende medisinsk behandling til endret funksjonalitet, langvarig fravær fra arbeid og fritidsaktiviteter, og kostnader i forbindelse med behandlingen (Bahr, Verhagen, Meeuwisse & Steffen, 2014c).

Tre av fire ACL-skader er relatert til idrettsutøvere og fysisk aktive mennesker (Engebretsen, LaPrade, Pierce, Cook, Arendt, Mohtadi & Bahr, 2014; Eitzen, Moksnes, Øiestad & Risberg, 2008), hvorav 80% knyttes til idretter som fotball, håndball og alpint (Juel, 2014). I den forbindelse snakkes det ofte om return-to-play (RTP) eller return-to-sport (RTS) etter skaden. Rehabiliteringen er dermed avgjørende ettersom både hverdagslige og idrettsspesifikke funksjoner som gange, løp og hopp, er svært avhengig av korsbåndenes og muskulaturens stabiliserende funksjon (Wisnes, 2013). Når det gjelder retur til idrett fant Myklebust & Bahr (2005) ut at mange returnerer til idrett og vante aktiviteter, men at en stor andel opplever re-skade. Ifølge Juel (2014) er denne andelen størst hos de som returnerer til vridnings- og konkurranseidretter, hvor det ofte oppstår re-skade eller ytterligere skader på samme eller motsatt kne. Det er vist at idrettsutøvere som hadde rekonstruert ACL hadde 15 ganger så høy risiko for re-skade innen 12 måneder etter operasjon, sammenlignet med friske utøvere (Paterno, Rauh, Schmitt, Ford & Hewett, 2012). Dette gjør at man kan stille spørsmål om gjeldende rehabilitering etter rekonstruksjon av korsbåndsskader, med hovedfokus på aktiv trening, er tilstrekkelig.

Øvelsesbehandling er likevel avgjørende for å oppnå behandlingseffekt ved ulike typer vevsskader og smertetilstander (Bahr, Cook, Langberg, MacAuley, Matheson & Mæhlum, 2014b) Men det finnes ulike former for støttebehandling med mer eller mindre dokumentert effekt, deriblant medisiner, varme- og kuldebehandling, samt ulike former for elektroterapi som kan brukes i kombinasjon med de tradisjonelle treningsmetodene (Bahr et al., 2014b). Som en del av samlebetegnelsen elektroterapi finnes elektrisk muskelstimulering, bedre kjent som «neuromuscular electrical muscle stimulation» eller «NMES», der det brukes eksterne maskiner med elektriske impulser for å stimulere muskler eller nerver (Mæhlum, 2019a; Risberg, 2014). Dette er en behandlingsmåte som har eksistert lenge, hvor behandlingen gis via elektroder som enten føres inn i selve nervevevet eller som festes direkte på kroppens overflate (Brodal, 2013). På samme måte som naturlige elektriske prosesser i kroppen, fremkaller behandlingen nerveimpulser som gjør at muskelen kontraherer (Brodal, 2013). Behandlingen er i hovedsak rettet mot mennesker som av ulike årsaker ikke mestrer å oppnå tilstrekkelige viljestyrte kontraksjoner av muskulaturen (Bahr et al., 2014b), og kan dermed være aktuelt som supplement i rehabilitering etter rekonstruksjon av fremre korsbånd, der svakhet i ulike muskelgrupper fremstår som svært vanlig (Eckenrode, Carey, Sennett, Zgonis, 2017). Forskning viser at så lenge man benytter NMES-behandling på rett måte, kan det bidra til økt aktivering og muskelstyrke av for eksempel quadriceps-muskulaturen etter kneskader (Risberg, 2014).

1.1. Teori

1.1.1. Korsbåndskade – Operasjon.

ACL, som går mellom laterale femurkondyl og fremre del av tibiaplatå, har til hensikt å motvirke tibia sin forskyvning i forhold til femur i sagittalplanet (Wisnes, 2013). En typisk ACL-skade forekommer uten ytre traume (Engebretsen et al., 2014), der belastningen på ligamentet overstiger dens styrke (Moksnes, 2019). ACL-rupturer forekommer oftest i det som omtales som en tredelt skademekanisme. Kneet står i en lett flektert stilling og tibia roteres innover, samtidig som det oppstår økt valgusstress (Engebretsen et al., 2014; Juel, 2014). Det er også vanlig at foten på skadd side har full kontakt med underlaget idet skaden inntreffer (Wisnes, 2013).

I de situasjonene hvor det krever rekonstruksjon av ACL, benyttes det senevev/graft fra muskulatur på fremsiden eller baksiden av låret, som artroskopisk innsettes som det nye korsbåndet i kneet (Moksnes, 2019; Norsk Helseinformatikk [NHI], 2019). Det kan tenkes at

hvilket graft man velger å bruke, kan innvirke til hvilken grad de respektive musklene svekkes i etterkant. Likevel viser en oversiktsartikkel gjort av Petersen, Taheri, Forkel & Zantop (2014) varierende resultater, hvor de ikke kunne konkludere med styrkeforskjeller i hamstrings og quadriceps, med bruk av forskjellige graft. En annen studie fant signifikante forskjeller, der svakheten i quadriceps var høyere hos de som ble operert med patellarsenegraft, men at prevalensen av svakhet også var høy blant dem som ikke var operert med patellarsenegraft (Huber, Viccelli, Bizzini, Friesenbichler, Dohm-Acker, Rosenheck, Harder & Maffiuletti, 2019).

1.1.2. Tradisjonell rehabilitering - Faser og målsetning

Når det gjelder rehabilitering av akutttskader i kneet er prinsippene de samme, uavhengig av om det er skade på menisk, brusk eller ligament (Risberg, Myklebust, LaPrade, Pierce, Bahr, Engebretsen, Cook, Arendt & Mohtadi, 2014). Det overordnede målet med all rehabilitering er uansett å legge forholdene til rette for at vevet heles, uten store tap av funksjon og stabilitet (Risberg et al., 2014). Rehabiliteringen deles gjerne inn i tre faser; «akuttfasen», «rehabiliteringsfasen» og «treningsfasen» (Risberg et al., 2014), hvor progresjon styres mer av funksjonelle milepæler og alvorlighetsgrad på skaden, enn selve tidsaspektet (Eitzen et al., 2008). De ulike fasene kommer derfor med deres respektive mål for å gjenvinne funksjon, hvor alt fra reduksjon av smerte og hevelse til økning av bevegelsesutslag, muskelstyrke og sansemotorisk funksjon står sentralt (Risberg et al., 2014). Det totale omfanget av rehabiliteringsprosessen etter en rekonstruksjon av fremre korsbånd er på opptil ett år, der fase II fremstår som særlig omfattende. Smerte, hevelse og funksjon overvåkes, og er det som leder rehabiliteringen fremover (Bahr et al., 2014b; Risberg et al., 2014).

Akuttfasen, bedre kjent som fase I handler om å fjerne smerte og hevelse, samt normalisere bevegelsesutslag og minimere hypotrofi av muskulaturen i beinet (Eitzen et al., 2008; Risberg et al., 2014). De funksjonelle milepælene handler om å oppnå sidelik aktiv og passiv ekstensjon, fleksjon ned til 90 grader, samt tilfredsstillende kontroll av quadriceps i gange uten krykker (Eitzen et al., 2008). Vanlige tiltak er øvelser i form av aktiv og passiv ROM, ergometersyssel, isometriske quadricepskontraksjoner og lett balansetrening (Eitzen et al., 2008; Risberg et al., 2014). Rehabiliteringen foregår med et høyt antall repetisjoner på lav belastning (Risberg et al., 2014), gjerne opp mot 2-4 serier x 30 repetisjoner (Eitzen et al., 2008). Denne fasen varer de første to til seks ukene etter operasjon (Bahr et al., 2014b; Eitzen et al., 2008).

I fase II handler det om å gjenvinne fullt bevegelsesutslag, normalisere muskelstyrke og reetablere dynamisk stabilitet (Bahr et al., 2014b; Eitzen et al., 2008; Risberg et al., 2014). Funksjonelle milepæler er oppsteg med full vektbæring og kontrollert aktiv kneekstensjon, gange uten smerter og etterhvert løp og hopp (Eitzen et al., 2008). Vanlige tiltak er øvelser i form av knestrek i quadricepsmaskin med full ROM, eksentriske styrkeøvelser, hopp og landing på to og ett bein, samt ulike hinkeøvelser (Eitzen et al., 2008). Antall repetisjoner går ned, mens tyngden øker (Risberg et al., 2014). Varer ofte fra 3. til 4. postoperative mnd. og frem til 7. eller 8. mnd. (Bahr et al., 2014b; Eitzen et al., 2008).

Fase III handler om å komme tilbake til vante aktiviteter, og individualiseres dermed avhengig av idrett og aktivitetsnivå (Eitzen et al., 2008). Treningen gjort i fase II videreføres, men blir stadig mer implementert i idrettssammenhenger (Eitzen et al., 2008). Varer i 2 til 3 mnd. (Bahr et al., 2014b; Eitzen et al., 2008).

1.1.3. Tradisjonell rehabilitering - Muskelstyrke

Skjelettmuskulaturen mottar nerveimpulser via de motoriske nervefibrene som muskelen innerveres av, og det er dette som skaper en muskelkontraksjon (Sand, Sjaastad & Haug, 2014). Kraften de enkelte musklene utvikler avhenger både av antall muskelfibre som er aktive, men også hvor sterkt de er aktivert (Raastad, Nilsson, Enoksen & Gjerset, 2015), noe som kan påvirkes gjennom trening (Sand et al., 2014). Styrketrening er dermed avgjørende, ettersom muskelstyrke spiller en viktig rolle innen både trening, skadeforebygging og rehabilitering (Hallén & Ronglan, 2011). Økt muskelstyrke gir bedre kontroll av bevegelser, skaper større kraftreserver og dermed mindre muskeltretthet, samt forbedrer nervesystemets kontroll over skjelettmuskulaturen (Hallén & Ronglan, 2011). Det er flere forhold som påvirker styrkefremgang, deriblant øvelser per muskelgruppe, belastning per økt, økter per uke og variasjon på trening (Hallén & Ronglan, 2011). Uavhengig av dette er fremgangen alltid avhengig av total treningsbelastning (Gjerset, 1992).

Dårlig muskelstyrke eller asymmetrisk muskelbalanse rundt et ledd fremstår som en av de viktigste risikofaktorene for skader eller re-skader (Bahr et al., 2014b). Å minimere hypotrofi, reaktivere muskulatur og normalisere muskelstyrke er derfor en prioritet i rehabiliteringen, særlig i fase I og II av rehabiliteringen (Eitzen et al., 2008). Aktivering og økningen av muskelstyrke retter seg særlig mot quadriceps femoris, ettersom svakhet i denne

muskelgruppen er en svært vanlig og alvorlig konsekvens etter rekonstruksjon av ACL (Eckenrode et al., 2017). En svak og inaktiv quadriceps femoris forstyrer balansen med hamstrings, som øker skjærkraften i kneleddet og dermed drakraften av korsbåndet, i tillegg til at det øker styrkeforskjellen med quadriceps på frisk side (Wisnes, 2013). Det hevdes at individer med svakere quadriceps får endret kinetikk og asymmetrisk landingsmønster på skadd side, samt legger mer belastning over på frisk side (Schmitt, Paterno, Ford, Myer & Hewett (2015). Dette ble sett i forhold til en gruppe med tilnærmet symmetrisk quadricepsstyrke på skadd/uskadd side, og deres mer hensiktsmessige bevegelses- og landingsmønster (Schmitt et al., 2015). Konsekvensene av svak muskulatur er derfor store, og å gjenvinne styrken i quadriceps utgjør derfor en stor del av den tradisjonelle rehabiliteringen. anbefalte retningslinjer er at skadd side har minst 90% av styrken på frisk side før man returnerer til idrett (Risberg et al., 2014). På tross av dette viser forskning på tradisjonelle rehabiliteringsprogrammer at optimal quadriceps-funksjon etter ACL rekonstruksjon er vanskelig å oppnå i løpet av det første året (Gokeler, Bisschop, Benjaminse, Myer, Eppinga & Otten, 2014).

1.1.4. Elektrisk muskelstimulering som tilleggsbehandling.

Eksisterende forskning vedrørende bruk av elektrisk muskelstimulering i behandling er rettet mot ulike grupper i befolkningen, hvor det vurderes effekt på alt fra smertelindring til muskelstyrke, -aktivering og -masse. Blant disse gruppene finner man blant annet mennesker med nevrologiske tilstander (Doucet, Lam & Griffin, 2012), individer som av ulike årsaker har svakhet i quadriceps (Bax, Staes & Verhagen, 2005) og friske individer (Gondin, Cozzone & Bendahan, 2011). Disse studiene fant sprikende resultater på hvilken prosedyre av behandling som er mest effektivt, og hvilken betydning elektrisk muskelstimulering har som tilleggsbehandling til aktiv trening. Bax et al. (2005) vurderte også om NMES alene kunne være en likeverdig erstatter til aktiv trening. Bax et al. (2005) og Gondin et al. (2011) fant ut at elektrisk muskelstimulering, bedre kjent som NMES, kan være effektivt på muskelstyrke, -tretthet og -aktivering, men at tradisjonell trening eller en kombinasjon av begge metoder er å foretrekke.

Scott, Adams, Cyr, Hanscom, Hill, Lawson & Ziegenbein (2015) sammenlignet to metoder av elektrisk muskelstimulering på friske mennesker, med tanke på hvilken effekt behandlingene hadde på styrken av quadriceps. Den ene metoden, kalt «monophasic pulsed current (MPC)», bruker en jevn puls gitt i et intervall med x antall sekunder stimulering og x antall sekunder

pause (Scott et al., 2015). Den andre metoden, kalt «burst-modulated alternating current (BMAC)» eller «russian stimulation», gir elektriske pulser i serier med x antall serier per sekund (Scott et al., 2015). «Russian stimulation» har lenge vært mest brukt og anerkjent innen fagområdet av NMES-behandling, men Scott et al. (2015) fant bedre resultater med bruk av MPC.

Det er gjort noen studier på bruk av elektrisk muskelstimulering rettet mot korsbåndsoopererte, men studiene har liten bevisstyrke og kvalitet grunnet manglende randomisering og blinding (Saka, 2014). Derfor er det fremdeles ukjent hvor mange behandlinger per dag/uke og hvor mange uker med behandling som gjør elektrisk muskelstimulering effektivt (Saka, 2014). Til tross for dette er det enkelte studier som mener at dersom elektrisk muskelstimulering skal ha effekt på muskelatrofi og quadriceps-styrke, må det innføres tidlig post-operativt med høy intensitet (Wright, Preston, Fleming, Amendola, Andrish, Bergfeld, Dunn, Kaeding, Kuhn, Marx, McCarty, Parker, Spindler, Wolcott, Wolf & Williams, 2008). Dette støttes i studien av Kim, Croy, Hertel & Saliba (2010) hvor NMES kan fremstå som mer effektivt enn trening alene, men at det er uoverensstemmelser om anvendelsen. En oversiktsstudie gjort av Yue, Zhang, Zhu, Jia, Wang & Liu (2018) fant ut at høy-frekvent, høy-intensiv behandling fem dager i uka i 4-6 uker har størst effekt i postoperativ fase etter ulike kneoperasjoner.

1.2. Hensikten med litteraturstudiet

Med dette utgangspunktet er hensikten med litteraturstudiet å se hva eksisterende litteratur mener om bruk av elektrisk muskelstimulering som et supplement i rehabiliteringen etter en rekonstruksjon av fremre korsbånd. Det utforskes om kombinert elektrisk muskelstimulering og aktiv trening øker kraftutviklingen i quadriceps mer, enn det man oppnår med aktiv trening alene. Det reflekteres også rundt hva slags dosering som gir ønsket effekt på kort og lang sikt. Følgende problemstilling ble utarbeidet.

1.3. Problemstilling

Hvilken effekt har elektrisk muskelstimulering i kombinasjon med tradisjonelle rehabiliteringsmetoder med tanke på å styrke quadriceps etter rekonstruksjon av fremre korsbånd?

1.4. Begrepsavklaring og definisjon av sentrale begrep

Med mennesker som har gjennomgått rekonstruksjon av fremre korsbånd menes det både menn og kvinner med en minstealder på 13 år. De inkluderte deltakerne i litteraturstudiet begrenses ikke til spesifikke grupper, ettersom svakhet i quadriceps postoperativt oppstår hos mennesker som er operert med forskjellig type graft. Elektrisk muskelstimulering viser til den behandlingen som gis via elektroder som plasseres direkte på huden over quadriceps.

Videre i litteraturstudiet omtales tre ulike typer muskelarbeid, hvor forståelsen er avgjørende og bør dermed gjøres rede for; «Isometrisk», «isokinetisk» og «eksentrisk». Isometrisk muskelarbeid, også kjent som statisk muskelarbeid, handler om kraftutvikling der vinkelen på leddet og dermed lengden på muskelen er konstant under hele kontraksjonen (Bahr, Alfredson, Järvinen, Järvinen, Khan, Kjær, Matheson & Mæhlum, 2014a). Isokinetisk muskelarbeid henviser derimot til en type kraftutvikling der bevegelsehastigheten i leddet er konstant, hvor man er avhengig av spesifikt og dyrt treningsutstyr (Mæhlum, 2019b). Eksentrisk muskelarbeid er kraftutvikling i en muskel som forlenges (Brodal, 2013), hvor det i hovedsak handler om å bremse en bestemt bevegelse (Sand et al., 2014).

2. Metode

2.1. Valg av metode

I alle tilfeller av akademisk skriving og akademiske tekster er det problemstillingen som bestemmer og veileder prosessen med å innhente empiri (Busch, 2013). Ettersom problemstillingen i denne oppgaven ønsker å studere effekt og utvikling etter implementering av elektrisk muskelstimulering rettet mot mennesker med korsbåndskader, fremstår en litteraturstudie basert på kvantitative data som hensiktsmessig. Dette er fordi det ifølge Forsberg & Wengström (2015) er det systematiske litteraturstudier, gjerne basert på RCT-studier, som best kan besvare hva som er mest effektivt og hva som fungerer best. Det fremstår også hensiktsmessig fordi problemstillingen indikerer et behov for data som er innhentet på ulike tidspunkt, samt et sammenligningsgrunnlag med annen forskning. Litteraturstudiet åpner muligheten for å innhente forskningsdata som er gjort på ulike tidspunkt, til tross for at litteratursøket foregår på samme tidspunkt. Dette gir grunnlag for å analysere komplekse utviklingstrekk i datamaterialet (Busch, 2013).

Kildehierarkiet beskrevet i Dalland (2014) indikerer at vitenskapelige tidsskrift er noe av det som gir best informasjon. Litteratursøk i vitenskapelige databaser og tidsskrift gir derfor muligheten til å trekke konklusjoner basert på informasjon av god kvalitet. Dette er så fremt man er bevisst på kravene det stiller til kvalitetssikring, da enkelte tidsskrift inneholder alt fra magasiner til fagartikler med et stort spenn i kvalitet (Dalland, 2014).

2.2. Studiedesign, datainnsamling og søkeprosess.

Et oversiktssøk i google scholar med friteksten «Electrical stimulation and ACL» ble benyttet som inspirasjon til søkeord og vinkling av oppgaven. I løpet av uke 46 og 47 2019 ble det gjennomført systematiske søk i de vitenskapelige databasene PubMed, Sport Discus og Cochrane library, med utgangspunkt i søkeord inspirert fra oversiktssøket. «Electrical», «stimulation», «treatment», «transcutaneous electrical nerve stimulation» (TENS), «transcutaneous electrical muscle stimulation» (TEMS), «functional electrical stimulation» (FES), «neuromuscular electrical stimulation» (NMES), «ACL», «anterior cruciate ligament», «ACLR», «anterior cruciate ligament reconstruction» ble brukt i ulike kombinasjoner med bruk av de booleanske søkemekanismene AND og OR. Søkeordene var ikke begrenset til spesielle deler av artikkelen. Tabell 1 viser fullstendig søkestrategi og kombinasjoner.

Søket gav totalt 871 resultater. Etter at 365 duplikater ble fjernet var det totalt et omfang på 506 artikler, hvor samtlige artikler ble gjennomgått på bakgrunn av tittel. 33 artikler ble vurdert som relevante og aktuelle med henhold til inklusjons- og eksklusjonskriterier (se tabell 2), og tatt med videre for gjennomgang av sammendrag/abstrakt. 13 artikler ble ekskludert, av ulike årsaker, på bakgrunn av abstrakt. Av de resterende 20 artiklene, ble 6 inkludert i denne litteraturstudien. Referanseliste på inkluderte artikler og oversiktsartikler med lignende tema gjennomgås for øvrige relevante artikler, men ingen ble inkludert i dette litteraturstudiet.

Tabell 1: *Søkemethodikk.*

Søkeord:	#1 Electric* #2 Stimulation OR treatment #3 TEMS OR TENS OR FES OR NMES #4 ACL OR ACLR OR anterior cruciate ligament OR anterior cruciate ligament reconstruction #5 Transcutaneous electrical muscle stimulation OR transcutaneous electrical nerve stimulation OR functional electrical stimulation OR neuromuscular electrical stimulation.
Søkestrenger:	#1 AND #2 AND #4 #2 AND #3 AND #4 #2 AND #4 AND #5 - Pubmed: 253 resultater - Sport Discus: 470 resultater - Cochrane Library: 148 resultater.

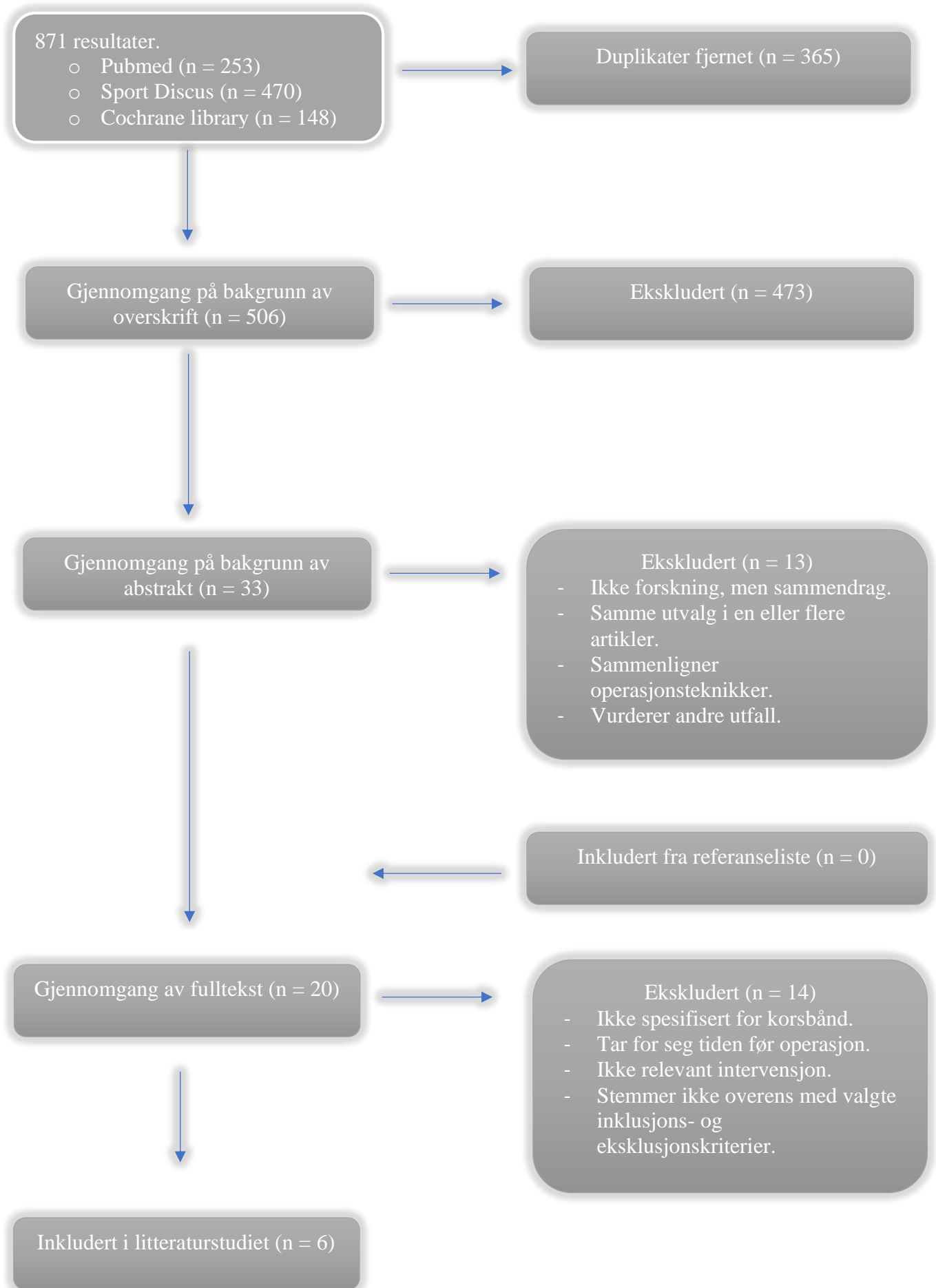
2.3. Inklusjons- og eksklusjonskriterier

Datamaterialet i oppgaven bygger på artikler som tar for seg bedring av quadriceps-styrke under rehabiliteringen etter en korsbåndsrekonstruksjon, hvor det sammenlignes bruk og ikke bruk av elektrisk muskelstimulering. Artiklene begrenses til tidsrommet 2000 og frem til i dag, for at innholdet ikke skal være for gammelt og utdatert. Enkelte av inklusjonskriteriene kom til underveis i søkeprosessen, deriblant valget om å ekskludere barn. Dette er fordi barn oftere pådrar seg avulsjonsfrakturer og ikke rupturer (Bahr et al., 2014a), men også fordi det fantes lite studier med barn som stemmet overens med de andre kriteriene, og var av

tilstrekkelig kvalitet. Tabell 2 viser fullstendig oversikt over inklusjons- og eksklusjonskriterier.

Tabell 2: *Inklusjons- og eksklusjonskriterier.*

Inklusjon	Eksklusjon
Mennesker i rehabilitering etter korsbåndskonstruksjon	Mennesker uten korsbåndskonstruksjon eller gjennomført annen operasjon.
Kvinner og/eller menn over 13 år.	Barn.
Sammenligner elektrisk stimulering med ulike former for tradisjonell rehabilitering.	Ingen sammenligning eller sammenligner to former for elektrisk stimulering.
Undersøker quadriceps-funksjon i form av styrke etter intervensjon.	Undersøker smerte, hevelse o.l. rundt kneet, eller andre muskler enn quadriceps etter intervensjon.
Artikler utgitt i tidsrommet fra 2000 → 2019	Artikler gitt ut før 2000.
Engelsk	Annet språk enn engelsk.
	Ikke tilgjengelig i fulltekst.



2.4. Metodekritikk

En litteraturstudie gir mange muligheter, men den kan også begrense den problemstillingen man ønsker å belyse. Dette henger sammen med at problemstillingen stadig må justeres og tilpasses de mulighetene som finnes, og det forskningsfeltet som eksisterer (Busch, 2013). Det kunne vært aktuelt å begrense denne oppgaven til et kjønn, en bestemt aldersgruppe, en type operasjon eller et utfall målt med et verktøy. Dette ville gjort det enklere å se studiene i forhold til hverandre, men grunnet mangel på forskningsdata, ville det gitt et for snevert datamateriale å konkludere ut ifra. Når man ikke kan begrense slik, kan det tenkes at det stiller større krav når man skal tolke og drøfte resultatene på de kildene man inkluderer.

Ved å benytte empiri som ikke er ens egen, fordrer dette at man evner å være kritisk til innhentet datamateriale (Busch, 2013). Det har vært en utfordring å være kritisk resultatene, grunnet lite forkunnskap på området. Det gjør seg særlig gjeldende med tanke på å vurdere om målinger og målingsinstrumenter holder et tilstrekkelig høyt nok nivå, og dermed i hvilken grad resultatene fra studiene er reliable og valide. Dette har ført til at egne slutninger er basert på både resultatene fra de ulike studiene, men også de konklusjonene som de ulike forfatterne selv kom med.

Om det er bevisst eller ubevisst, vil man alltid la seg påvirke og dras i den retningen som bekrefter egen forforståelse av et fenomen (Dalland, 2014). Det er kun ved å klargjøre egne holdninger og verdier, at man evner å skille på hva som er ens egen og hva som er vitenskapelig informasjon (Dalland, 2014). Mangel på avklaring av eget utgangspunkt i begynnelsen av bachelorperioden, kan dermed hatt innvirkning på resultatet. For i likhet med intervjueren i kvalitativ forskning, vil søkeren bak litteraturstudiet også spille en stor rolle for informasjonen man finner og som man ønsker å finne.

3. Resultat

3.1. Inkluderte studier

Seks av 871 studier ble inkludert i dette litteraturstudiet som følge av overensstemmelse med valgte inklusjons- og eksklusjonskriterier (Feil, Newell, Minogue & Paessler, 2011; Fitzgerald, Piva & Irrgang, 2003; Hasegawa, Kobayashi, Arai, Tamaki, Nakamura & Moritani, 2011; Labanca, Rocchi, Laudani, Guitaldi, Virgulti, Mariani & Macaluso, 2018; Lepley, Wojtys & Palmieri-Smith, 2015; Taradaj, Halski, Kucharzewski, Walewicz, Smykla, Ozon, Slupska, Dymarek, Ptaszkowski, Rajfur, & Pasternok, 2013). Alle studiene ble utgitt i tidsrommet fra 2003 til 2018, hvorav fem av seks ble publisert i løpet av de siste 9 årene. Samtlige studier evaluerer hvilken effekt elektrisk muskelstimulering har på blant annet styrken av quadriceps ved ulike tidspunkt i postoperativ fase. Muskelaktivering, muskeltykkelse, selv-rapportert knefunksjon og smerte er blant flere andre resultat som blir vurdert i de ulike studiene, men vektlegges ikke videre i dette litteraturstudiet.

3.2. Studienes deltakere

Resultatet bygger på totalt 348 deltakere fordelt på de seks inkluderte studiene. Alle hadde gjennomgått en rekonstruksjon av fremre korsbånd med ulike typer graft, med enten patellarsenegraft eller semitendinosus-gracilis graft. Deltakerne i to av studiene var kun menn (Labanca et al., 2018; Taradaj et al., 2013), og til tross for at de resterende studiene inkluderer begge kjønn, har de også et overtall av mannlige deltakere. Hvilket medfører at datamaterialet bærer preg av en skjevfordeling angående kjønn, men det er ikke rapportert som signifikant betydning i de enkelte studiene.

3.3. Studienes intervensjon og design.

Fem av de seks (Feil et al., 2011; Fitzgerald et al., 2003; Hasegawa et al., 2011; Labanca et al., 2018; Taradaj et al., 2013) inkluderte studiene er randomiserte kontrollerte studier (RCT). Den siste er en observasjonsstudie uten randomisering med et longitudinelt design (Lepley et al., 2015). Deltakerne i de ulike studiene ble randomisert i alt fra to til fire grupper, hvorav alle sammenlignet en eller flere intervensjoner med en kontrollgruppe. Kontrollgruppen mottok i alle tilfeller en tradisjonell rehabiliteringsprotokoll som var utarbeidet ved den enkelte klinikken, men som tok utgangspunkt i generelle rehabiliteringsfaser og respektive mål for de aktuelle fasene. Alle studiene vurderte elektrisk muskelstimulering som tilleggsbehandling, noe som medførte at alle deltakerne, inkludert intervensjonsgruppene,

også fikk tradisjonell rehabilitering. Fullstendig oversikt over studiene med intervensjon, deltakere, dosering og resultat sees i vedlegg 1.

Alle studiene, unntatt Lepley et al. (2015), oppgir at de driver med idrettsspesifikke øvelser med oppstart rundt 6. mnd. Alle fokuserer på styrke, da særlig i lår og legg, samt rundt hoften. Det gjennomføres også øvelser for ROM og funksjonelle øvelser som for eksempel gangtrening med og uten krykker og balanse. Det er individuelt i de ulike studiene når de velger å implementere det. Se tabell 3 for oversikt over studienes tradisjonelle rehabiliteringsprogram.

Tabell 3: *Oversikt over studienes tradisjonelle rehabiliteringsprogrammer*

Studie	Tidsperiode	Øvelser/Målsetning.
Feil et al. Ikke oppgitt økter pr. uke.	Uke 0 – 3	Kontrollere hevelse, smerte og inflammasjon. Tidlig mobilisering i form av passiv kneekstensjon, aktiv knefleksjon fra 0-90° og patellamobilisering. Hjemmetrening.
	Uke 4 – 6	Full kneekstensjon, knefleksjon fra 0-125°/135°. Balanse, proprioepsjon, mini-knebøy, gangtrening, sykling og vannjogging.
	Uke 7 – 9	Styrketrening på quadriceps, hamstrings og gastrocnemius. Sykling, vannjogging, balanse og proprioceptive øvelser på matte. Løp på jevnt underlag, hopp, gangtrening.
	Uke 10 – 12	Samme styrkeøvelser men økt belastning + isolerte øvelser på quadriceps med større ROM. Stort sett samme øvelser, men økende vanskelighetsgrad.
	4. – 6. mnd.	Styrketrening med quadriceps-øvelser i åpen kjede. RTP med løp, retningsforandringer, hopp og idrettsspesifikke øvelser.
Fitzgerald et al. Trening 2 dager i uka + hjemmetrening	Ikke oppgitt	Leddmobilitet: AROM, patellamobilisering, sykling, tøyning. Muskelfunksjon: Isometri på quadriceps og hamstrings, aktiv fleksjon og ekstensjon, SLR. Balanse: Ett-beins stående (mykt underlag og forstyrrelser) Løp.

Hasegawa et al. Ikke oppgitt økter pr. uke.	2. PO dag.	Trening av ikke-operert bein.
	1. uke	Styrketrening av hoftestrukturer, isometrisk kneekstensjon 90°, SLR, kvart knebøy med delvis vektbæring, ståhev med delvis vektbæring, setehev (begge bein). Sykling og gangtrening med krykker.
	2. uke	Knefleksjon med strikk, kvart knebøy med delvis vektbæring, ståhev med delvis vektbæring, setehev (operert bein).
	3. uke	Kvart knebøy med økt vektbæring, ståhev med økt vektbæring, statisk knebøy.
	4. uke	Isokinetisk ekstensjon mellom 60 og 90 °, monsterwalk, knefleksjon med strikk, utfall (forover og sidelengs). Balanse
	5. uke	Gangtrening med lang steglengde. Balanse med ulike utgangsstillinger.
	6. uke	Step-kasse øvelser.
	8. uke	Isokinetisk ekstensjon mellom 45° og 90°, ett-beins knebøy (operert side). Stående ett-beins øvelser.
	12. uke	Jogging, side-hopp med begge bein.
	16. uke	Sprint, side-hopp med operert bein, hopp med lang lengde. Stigeøvelser. Plyometriske øvelser.
6. – 8. mnd.	RTP.	
Labanca et al. Trening 5 dager i uka.	0 – 2 uker	Passiv mobilisering. Isometrisk SLR
	3. – 4. uke	Knebøyøvelser, øvelser i vann (sykling, gange, step). Isometrisk SLR.
	4. – 8. uke	Styrketrening
	3. – 6. mnd.	Progressiv styrketrening, eksplosivitet, idrettsspesifikke øvelser.
Lepley et al	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt.
Taradaj et al.	1. uke	CPM maskin (0-30°, øker 10° pr. dag). Passiv kneekstensjon. SLR. Tøyning av hofte-, kne- og leggmuskulatur. Gåtrening. Hjemmetreningprogram (2-3 x daglig).

Trening 3 dager i uka.	2. – 4. uke	Mobilisering over operasjonssår. Styrketrening med økende motstand. Isometrisk kneekstensjon. Sykling. Balanse.
	4. – 16. uke	Funksjonell styrketrening, proprioepsjon, styrketrening, knebøy til 90°, ett-beins knebøy, step-up, tredemølle.
	16. – 24. uke	Styrke, utholdenhet, proprioseptiv trening, to-beins hopp, jogging, smidighet.

Fem av seks studier (Feil et al., 2011; Fitzgerald et al., 2003; Hasegawa et al., 2011; Labanca et al., 2018; Lepley et al., 2015) tok i bruk elektrisk muskelstimulering i første halvdel av rehabiliteringen. Første halvdel omtales ofte som fase I og II i teorien (Eitzen et al., 2008). Den siste (Taradaj et al., 2013) så på fase III, som er den siste før man returnerer til idrett med oppstart tidligst 6 måneder i postoperativ fase (Eitzen et al., 2008).

3.4. Kvalitetssikring.

Litteraturstudiet bygger stort sett på datamateriale fra randomiserte kontrollerte studier, ettersom dette ifølge Forsberg & Wengström (2015) har høyest bevisstyrke når det gjelder å vurdere effektivitet av medisinsk praksis. Alle studiene er utgitt i fagfellelvurderte tidsskrift. RCT studiene ble alle vurdert med henhold til PEDro scale, hvor en score på over 5-6 indikerer at studien var av høy kvalitet (se tabell 4 for total poengfordeling av de ulike studiene). Den siste er en observasjonsstudie uten randomisering, med et longitudinelt design, som kvalitetsmessig er vurdert ut ifra STROBE statement sin sjekkliste. STROBE statement er en sjekkliste som tar hensyn til alle elementer som bør være til stede i observasjonsstudier. Studien av Lepley et al. (2015) huker av på det meste, men har noen mangler på punkt 12 med tanke på å ta hensyn til konfundere, samt punkt 14 som viser oversikt over studiens deltakere og deres demografiske egenskaper (Se vedlegg 2 for STROBE sin sjekkliste).

Tabell 4: Kvalitetsvurdering av artiklene

Studier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total score
Feil et al., (2011)	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	7/11
Fitzgerald et al., (2003)	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8/11
Hasegawa et al., (2011)	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	6/11
Labanca et al., (2018)	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	7/11
Lepley et al., (2015)	<i>Observasjonsstudie. Vurderes ikke ut ifra PEDro.</i>											-
Taradaj et al., (2013)	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	8/11

1: Inklusjons- og eksklusjonskriterier spesifisert. 2: Tilfeldig fordeling i grupper. 3: Skjult fordeling. 4: Egenskaper i gruppene var like ved oppstart. 5: Blinding av deltakere. 6: Blinding av terapeutene. 7: Blinding av analytiker. 8: Resultater fra minst 85%. 9: Intention-to-treat analyse. 10: Statistisk sammenligning mellom grupper. 11: Et gitt mål på størrelsen av behandlingseffekt.

3.5. Kategorisering av hovedfunn.

3.5.1. NMES vs. tradisjonell rehabilitering.

Tre av de inkluderte studiene (Fitzgerald et al., 2003; Hasegawa et al., 2011; Taradaj et al., 2013) sammenlignet to grupper. Det var en intervensjonsgruppe som mottok kombinert NMES-behandling og aktiv trening, og en kontrollgruppe som mottok tradisjonell rehabilitering i form av aktiv trening. Alle tre vurderte isometrisk kneekstensjonsstyrke, men Hasegawa et al. (2011) vurderte i tillegg isokinetisk muskelstyrke målt i dynamometer. Nevnte tre studier stiller inn behandlingens intensitet ut ifra den enkelte deltakerens toleranseevne. Utfyllende opplysninger om intervensjon og ulike prosedyrer sees i vedlegg 1.

Taradaj et al. (2013) testet sine deltakere før og etter NMES, altså ved 6. og 7. postoperative måned. Ved avsluttende måling viste intervensjonsgruppen signifikant bedre styrke i quadriceps både på operert (økning med 28,7%) og ikke-operert side (økning med 30,1%), sammenlignet med kontrollgruppen (økning med 4,6% på begge). I studien til Hasegawa et al., (2011) ble deltakerne målt før operasjon, samt fire uker og tre måneder postoperativt. Her hadde NMES gruppen svært liten reduksjon av styrke mellom 1. og 2. måling, sammenlignet med kontrollgruppen som var signifikant svakere ved 2. måling. Begge gruppene viste signifikant bedring frem mot 3. måling. NMES gruppen var sterkere både isometrisk og

isokinetisk ved 3. måling, til tross for mangel på signifikante forskjeller. Fitzgerald et al. (2003) viste at NMES gruppen hadde signifikant bedre styrke etter 12 uker, men etter 16 uker var det ikke lenger statistisk signifikant forskjell. Det var ingen signifikante forskjeller mellom deltakerne før og ved oppstart av NMES-behandlingen på noen av nevnte studier.

3.5.2. Aktiv NMES vs. tradisjonell rehabilitering.

To av de inkluderte studiene (Feil et al., 2011; Labanca et al., 2018) hadde det man kan kalle en aktiv tilnærming med aktive deltakere. Det betyr at studienes deltakere gjennomførte, på ulike måter, en aktiv kontraksjon av quadriceps samtidig som det ble gitt elektrisk muskelstimulering. De samme to studiene valgte også å benytte to intervensjonsgrupper til sammenligning med en kontrollgruppe. Labanca et al. (2018) hadde en NMES gruppe (NMES+STSTS) og en «sit-to-stand-to-sit»-treningsgruppe (STSTS) som de sammenlignet med kontrollgruppen (Se tabell 5). Feil et al. (2011) hadde to ulike typer muskelstimuleringsgrupper (Polystim og Kneehab) som de sammenlignet med kontrollgruppen.

Labanca et al. (2018) vurderte isometrisk kneekstensjonsstyrke med kneet flektert i 30° og 90°. De fant liten forskjell mellom STSTS-treningsgruppen og kontrollgruppen, mens NMES+STSTS-gruppen hadde signifikant bedre resultater enn begge de to andre. NMES+STSTS-gruppen viste stor fremgang tidlig, og opprettholdt avstanden til de to andre gruppene etter seks måneder med rehabilitering. Alle de tre gruppene viste signifikant bedre resultater mellom 1. og 2. måling, både når det gjelder styrke i operert ben og styrkeforskjell mellom operert og ikke-operert side. Til tross for dette viser resultatene at både STSTS-treningsgruppen og kontrollgruppen oppnår mindre enn 85% av quadriceps-styrken de har på ikke-operert side.

Feil et al. (2011) vurderte isokinetisk muskelstyrke målt i dynamometer. KH- gruppen viste signifikant bedre styrke på alle tidspunkt og målinger, sammenlignet med både PS- gruppen og kontrollgruppen. Totalt fra første til siste måling hadde KH-gruppen en økning på 30,2% (90°/s) og 27,8% (180°/s), i forhold til PS som hadde henholdsvis 5,1% (90°/s) og 5% (180°/s) og kontrollgruppen som hadde 6,6% (90°/s) og 6,7% (180°/s).

Tabell 5: *Sit-to-stand-to-sit (STSTS) prosedyre.*

Dag	Dosering
15 – 20	3 sett med 6 repetisjoner (4 sek på sit-to-stand, 4 sek på stand-to-sit)
20 – 30	3 sett med 10 repetisjoner (4 sek på sit-to-stand, 4 sek på stand-to-sit)
30 – 45	3 sett med 10 repetisjoner (2 sek på sit-to-stand, 6 sek på stand-to-sit)
45 – 60	3 sett med 12 repetisjoner (2 sek på sit-to-stand, 6 sek på stand-to-sit)

3.5.3. NMES + eksentrisk styrketrening vs. tradisjonell rehabilitering.

En studie (Lepley et al., 2015) sammenlignet fire grupper. Det var to muskelstimuleringsgrupper (NMES+EKS og NMES) og en treningsgruppe (EKS), som de sammenlignet med en kontrollgruppe. Dette er den eneste av de inkluderte studiene som ikke er RCT, og deltakerne ble derfor ikke randomisert, men fordelt i de ulike gruppene. Det ble vurdert isometrisk kneekstensjonsstyrke med kneet flektert i 90°. De to gruppene NMES+EKS (1) og EKS (2) viste signifikant bedre resultater enn NMES- gruppen (3) og kontrollgruppen (4). Men det var ingen signifikant forskjell mellom gruppe 1 og 2 eller 3 og 4. Denne studien tok også inn friske individer ved RTP, hvor verken gruppe 1 eller 2 hadde signifikante forskjeller med disse. Det samme gjaldt ikke gruppe 3 og 4.

4. Diskusjon

Hensikten med litteraturstudiet var å undersøke om kombinert behandling med elektrisk muskelstimulering og tradisjonell rehabilitering gir bedre effekt enn det tradisjonell rehabilitering oppnår alene. Dette med tanke på å gjenvinne styrke i quadriceps etter rekonstruksjon av fremre korsbånd. I gjeldende avsnitt blir derfor problemstillingen; «*Hvilken effekt har elektrisk muskelstimulering i kombinasjon med tradisjonelle rehabiliteringsmetoder med tanke på å styrke quadriceps etter rekonstruksjon av fremre korsbånd*», belyst ved hjelp av de inkluderte studiene, samt relevant litteratur og teori. Det vurderes i tillegg hva slags dosering som gir ønsket resultat.

Det systematiske litteratursøket identifiserte tilslutt seks artikler som ble inkludert i dette litteraturstudiet, alle utgitt i fagfelleverderte og vitenskapelige tidsskrift. Alle de inkluderte studiene sammenlignet en eller flere intervensjonsgrupper med en kontrollgruppe. Intervensjonsgruppene som mottok en kombinasjon av NMES-behandling og trening hadde jevnt over større effekt med tanke på styrkeøkning, sammenlignet med kontrollgruppene. Dette til tross for at forskjellen mellom intervensjonsgruppene og kontrollgruppene i studiene av Fitzgerald et al. (2003) og Hasegawa et al. (2011) ikke når et statistisk signifikant nivå ved siste måling. Det kan være flere faktorer som innvirker på til hvilken grad den elektriske muskelstimuleringen har effekt, som blant annet kan ha sammenheng med valg av metode, utvalg og dosering.

4.1. Tolkning av funn

Metodene som er brukt i de ulike studiene er noe forskjellig når det kommer til dosering, tid for implementering, varighet av behandlingen og måling av utfall, hvilket kan gjøre det vanskelig å sammenligne de ulike studienes resultater. Samtidig er det nettopp disse forskjellene i behandling som er verdt å bemerke, for å kunne vurdere hva som er mest effektivt for å kunne øke kraftutviklingen i quadriceps. Man vet med sikkerhet at NMES-behandling har effekt dersom det brukes på rett måte (Risberg, 2014), men det er fremdeles ukjent hva som er rett og hva slags prosedyre som er best etter rekonstruksjon av fremre korsbånd (Saka, 2014). Hovedtrekkene av likheter og forskjeller må derfor sees i forhold til hverandre.

4.1.1. Metode, dosering og varighet

Fitzgerald et al. (2003), Lepley et al. (2015) og Taradaj et al. (2013) gav elektrisk muskelstimulering til sine deltakere ved å bruke «russian stimulation»-metoden. Blant disse ble det rapportert om signifikant høyere isometrisk quadricepsstyrke i to av tre intervensjonsgrupper i studien av Lepley et al. (2015). Begge disse var intervensjonsgrupper hvor eksentrisk styrketrening utgjorde en stor del av rehabiliteringen. Det var ikke noen forskjell mellom disse to, til tross for at den ene mottok NMES-behandling i tillegg. Det er derfor mye som tyder på at NMES-behandlingen i dette tilfellet var overflødig og effekten mindre enn først antatt. Dette understrekes også ved at den tredje intervensjonsgruppen som kun mottok NMES-behandling i kombinasjon med tradisjonell rehabilitering, overraskende nok var signifikant dårligere. Det kan tenkes at NMES-behandlingen var for svak og gav for lite stimuli, mens viljestyrt eksentrisk styrketrening i kombinasjon med tradisjonell rehabilitering gav tilstrekkelig stimuli. Sistnevnte spilte dermed en større rolle for å gjenvinne styrken i quadriceps. For det er som kjent den totale mengden stimuli som avgjør den effekten som oppstår i muskelen (Gjerset, 1992; Gjerset, Raastad & Nilsson, 2015; Hallén & Ronglan, 2011).

Funnene indikerer at eksentrisk styrketrening i kombinasjon med tradisjonell rehabilitering var i stand til å gjenopprette nivåer av quadricepsstyrke og -aktivering som var på nivå med friske, og bedre enn det NMES-behandlingen klarte. Dette betyr ikke nødvendigvis at bruk av elektrisk muskelstimulering er bortkastet, men det kan henge mer sammen med doseringen av behandlingen. Det bør dermed reflekteres noe mer rundt til hvilken grad eksentrisk styrketrening i seg selv er mer effektivt, eller om resultatet ville blitt endret dersom metoden og dosering av NMES-behandlingen hadde vært annerledes. For det bekreftes i litteraturen at maksimalt og optimalt utbytte av treningen, avhenger av den totale belastningen som muskelen utsettes for over tid (Hallén & Ronglan, 2011).

Til tross for noe usikkerhet rundt «russian stimulation» rapporterte likevel Taradaj et al. (2013), som den eneste av de tre nevnte studiene, signifikant høyere isometrisk quadricepsstyrke hos gruppen som mottok kombinasjonen av kun NMES-behandling og tradisjonell rehabilitering. Siden de tre studiene tok i bruk elektrisk muskelstimulering på samme måte, kan effekten hos Taradaj et al. (2013) antas å være mer knyttet til hyppigheten av behandlingen, enn metoden i seg selv. Dette med utgangspunkt i at Taradaj et al. (2013) har sju behandlinger mer i uka enn Fitzgerald et al. (2003) og Lepley et al. (2015). Med

utgangspunkt i tidligere forskning har det lenge vært ukjent hvilken dosering av elektrisk muskelstimulering som bør tas i bruk etter rekonstruksjon av fremre korsbånd, for at det skal ha ønsket effekt på styrken av quadriceps (Saka, 2014). Men funnene i dette litteraturstudiet indikerer at to behandlinger i uka, slik det gis i Fitzgerald et al. (2003) og Lepley et al. (2015) er for lite og dermed noe av årsaken til manglende resultater. Når det gjelder aktiv trening er styrkefremgang i stor grad avhengig av belastning per økt og økter per uke (Hallén & Ronglan, 2011), og mye tyder på at dette også gjelder elektrisk muskelstimulering.

Feil et al. (2011), Hasegawa et al. (2011) og Labanca et al. (2018) gav elektrisk muskelstimulering til sine deltakere ved å bruke «MPC»-metoden. Den ene av intervensjonsgruppene i hver av studiene til Feil et al. (2011) og Labanca et al. (2018) viste signifikant bedre resultater enn øvrige grupper, mens Hasegawa et al. (2011) på sin side hadde manglende signifikant forskjell mellom gruppene. Det er flere forhold som kan ha innvirket på dette, deriblant forskjeller i NMES-frekvens og behandlingsperiode, eller henholdsvis aktiv og passiv tilnærming til NMES-behandlingen. Siden Hasegawa et al. (2011) hadde både kortere behandlingsperiode, lavere behandlingsfrekvens og passiv tilnærming, vil det være vanskelig å fastslå nøyaktig hva som gjør behandlingen dårligere.

Likevel kan man, ved å se på de studiene som viste signifikante forskjeller, oppdage noen forhold som fremstår som viktigere enn andre. Feil et al. (2011) hadde to NMES-grupper, hvorav kneehab-gruppen viste seg å være signifikant bedre og polystim-gruppen hadde like resultater som kontrollgruppen. Dette kan henge sammen med bedre elektrode plassering og større kontaktflate for elektrodene på huden, noe som fordeler impulsene utover quadriceps slik at pasienten tåler behandlinger med høyere intensitet. Dette kan ha vært avgjørende for resultatet, ettersom man mener høy intensitet er avgjørende for at elektrisk behandling skal ha effekt (Wright et al., 2008). Labanca et al. (2018) rapporterte at NMES+STSTS-gruppen var signifikant bedre enn STSTS-treningsgruppen og kontrollgruppen, der de to sistnevnte hadde likt resultat. Dette viser at NMES-prosedyren i dette tilfellet gav en tilleggseffekt, og at behandling med høyere frekvens og intensitet gir større treningseffekt, ikke bare for andre kneopererte (Yue et al., 2018), men også for korsbåndopererte.

4.1.2. Graft

Det er motstridende resultater, men flere studier gjort tidligere indikerer at mennesker som er operert med patellarsenegraft opplever større grad av svakhet og økt problematikk med

aktivering av quadriceps postoperativt (Huber et al., 2019; Petersen et al., 2014). Det kan derfor tenkes at noe av årsaken til resultatene i studien av Labanca et al. (2018) henger sammen med dens bruk av patellarsenegraft hos sine deltakere. På samme måte kan det tyde på at deltakerne i studien til Hasegawa et al. (2011), som kun var operert med semitendinosus-gracilis-graft, manglet signifikant forskjell fordi kontrollgruppen var sterkere i quadriceps i utgangspunktet. Selv om dette kan være en mulig forklaring på funnene, virker det likevel motstridende da studiene av Feil et al. (2011), Lepley et al. (2015) og Taradaj et al. (2013) også viser at intervensjonsgruppene var signifikant bedre, til tross for bruk av semitendinosus-gracilis-graft. Av funnene fremstår det dermed som hensiktsmessig å benytte elektrisk muskelstimulering uavhengig av type operasjonsgraft.

4.1.3. Tradisjonell rehabilitering

Med den noe begrensede informasjonen som kommer frem i de inkluderte studiene vedrørende treningen som de tradisjonelle rehabiliteringsprogrammene består av, er det vanskelig å vite om de er mangelfulle eller ei. Det gjør det også vanskelig å sammenligne detaljert på tvers av studiene. Likevel er det ingen åpenbare forskjeller som fremgår av de tradisjonelle metodene til de inkluderte studiene som kan forklare resultatene. Og det gjenkjennes øvelser som har til hensikt å kontrollere symptomer, normalisere ROM, opprettholde og gjenvinne muskelstyrke, samt reetablere dynamisk stabilitet, slik det er beskrevet i retningslinjene for rehabiliteringen (Bahr et al., 2014b; Eitzen et al., 2008; Risberg et al., 2014).

4.2. Funnenes betydning

Øvelsesbehandling har alltid vært, og kommer alltid til å være avgjørende for et godt resultat (Bahr et al., 2014b), og funnene fra denne litteraturstudien indikerer ikke at NMES kan erstatte denne formen for behandling. Som et supplement til tradisjonell rehabilitering er effekten av NMES-behandlingen sterkt sammenvevd med anvendelsen, hvor man er svært avhengig av en prosedyre som samsvarer og er hensiktsmessig med tanke på bruksområde.

Det er vanskelig, på bakgrunn av funn, å avgjøre med 100% sikkerhet hva som ligger bak de enkelte studienes suksessfulle resultater og hvilken rolle elektrisk muskelstimulering spiller. Likevel er det noen hovedtrekk som går igjen i funnene i dette litteraturstudiet, med utgangspunkt i tidligere forskning. Nyere forskning på lignende områder viser positive trekk

både med bruk av MPC og russian-stimulation, men at MPC gir noe bedre resultater (Scott et al., 2015). Det er også vist at kneopererte i tidlig fase trenger hyppig NMES-behandling for å oppnå større kraftutvikling i quadriceps (Yue et al., 2018). Overensstemmelsen mellom tidligere forskning og funn i dette litteraturstudiet, indikerer derfor at hyppighet og intensitet av behandling er avgjørende. Det fremstår dermed som at en kombinasjon av hyppig og høy-intensiv NMES-behandling med MPC-metoden er mest hensiktsmessig, også etter rekonstruksjon av fremre korsbånd.

Til tross for at flere av de inkluderte studiene ber deltakerne forholde seg passivt under NMES-behandlingen, bør det vurderes en aktiv tilnærming. Dette er fordi enkelte av funnene indikerer at samtidig viljestyrt og elektrisk orientert kontraksjon av quadriceps gir større kraftutvikling i quadriceps (Feil et al., 2011; Labanca et al., 2018). Årsaken til dette er noe uavklart, men kan henge sammen med hvor mange og hvor sterkt aktivert muskelfibrene er. Siden ytre elektriske impulser samhandler med de normale elektriske prosessene i kroppen (Mæhlum, 2019a), kan denne samtidige elektriske og viljestyrte kontraksjonen øke nerveimpulsene til muskelfibrene. Dette med bakgrunn i at elektrisk muskelstimulering også fremkaller nerveimpulser (Brodal, 2013). En sterkere aktivering av flere muskelfibre, som man ikke oppnår gjennom normal muskelbruk, øker kraften muskelen utvikler (Raastad et al., 2015; Sand et al., 2014). For som kjent påvirker antallet motoriske enheter som er rekruttert og aktivert den kraften som utvikles i muskelen (Raastad et al., 2015).

Selv om litteraturstudiets hensikt er å undersøke effekten av NMES-behandling, viser også funnene hvordan de tradisjonelle rehabiliteringsprogrammene kan utbedres for å gi større treningseffekt. Lepley et al. (2015) indikerer at eksentrisk styrketrening i kombinasjon med tradisjonelle rehabiliteringsmetoder har økt potensiale til å øke kraftutviklingen i quadriceps. Det er noe uavklart om årsaken til dette, men det kan henge sammen med belastningstoleransen under eksentrisk styrketrening (Hallén & Ronglan, 2011), og det faktum at skjelettmuskulaturen evner å utvikle større kraft ved eksentriske muskelkontraksjoner (Sand et al., 2014). Ingen av de øvrige studiene vektlegger eksentrisk styrketrening i sine rehabiliteringsprogrammer, til tross for at Eitzen et al. (2008) mener eksentriske styrkeøvelser bør tas i bruk i fase II av rehabiliteringen. Men dette utgangspunktet bør det vurderes implementering av eksentrisk styrketrening i de tradisjonelle metodene for å øke stimuli på quadriceps og dermed muskelstyrken i positiv retning.

4.2.1. Limb symmetry index

Som et mål på return-to-play brukes «limb symmetry index» eller LSI, der anbefalte retningslinjer er $LSI > 90\%$ (Risberg et al., 2014). Det betyr at skadd side har mer enn 90% av styrken til frisk side. Ikke alle de inkluderte studiene rapporterer LSI, men fokuserer mer på økning av isolert kraftutvikling i quadriceps på operert side. Blant annet i studien av Taradaj et al. (2013) fremheves det mest at det er fremgang hos begge grupper og at det er signifikant bedre hos NMES-gruppen. Selv om det ikke nevnes med ord i studien, men kommer frem av tallene, bør det påpekes her at hverken intervensjonsgruppen eller kontrollgruppen oppnår $LSI > 90\%$ ved 6. og 7. postoperative måned. Spriket mellom isolert kraftutvikling og LSI bør dermed være mer i fokus ettersom man med sikkerhet vet at asymmetrisk muskelstyrke, i likhet med isolert svakhet i muskulaturen, er store risikofaktorer for skader og re-skader (Bahr et al., 2014b). Dette er også med tanke på at mennesker med ACL-rekonstruksjon har 15 ganger så høy risiko for re-skade innen 12 mnd. postoperativt (Paterno et al., 2012).

Når LSI tas i bruk bør man også være bevisst på dens svakheter. Taradaj et al. (2013) viste at også ikke-operert side opplever svakhet i postoperativ fase, hvilket gjør forskjellen på operert og ikke-operert side mindre, og man kommer nærmere LSI på 90%. Dette betyr at man ved RTP kan ha LSI på 90%, men likevel svak quadriceps både på operert og ikke-operert side. Siden muskelstyrke henger tett sammen med kontroll og stabilitet (Hallén & Ronglan, 2011; Wisnes, 2013), får dette store konsekvenser for utøveren der kneet mister en del av sin dynamiske stabilitet. Dette gjør at man er mer utsatt for skader i vanlige funksjoner som gange, løp og hopp (Wisnes, 2013). Det er dermed svært avgjørende å være sterk i de enkelte ekstremitetene, ikke bare å ha god symmetri, for å ha god kontroll over bevegelsene (Hallén & Ronglan, 2011).

Av de tradisjonelle rehabiliteringsmetodene fremstilles det at løp og hopp implementeres mot slutten av fase II, som alle programmene indikerer har oppstart rundt 6. mnd. Tidligere studier (Gokeler et al., 2014) og funn i denne litteraturstudien indikerer at både tradisjonelle rehabiliteringsmetoder og tilleggsbehandlinger har vanskelig for å oppnå tilstrekkelig styrke i quadriceps og LSI på 90% innen 6. mnd. Når man med sikkerhet vet at svakhet i quadriceps gir asymmetrisk belastning og landingsmønster (Schmitt et al., 2015), kan det tenkes at dette preger siste del av rehabiliteringen. Dette på bakgrunn av at man lærer seg et bevegelsesmønster som i utgangspunktet er lite hensiktsmessig, grunnet svakhet i muskulaturen.

4.2.2. Relevans for fysioterapi

Fysioterapeutenes grunnleggende kunnskaper og ferdigheter gjør at de har en evne til å se sammenhengen mellom kropp, bevegelse og funksjon, og dermed kravene for å returnere til vante aktiviteter (Norsk fysioterapeutforbund [NFF], 2015a). Dette gjør at fysioterapeuter har en særegen posisjon når det gjelder rehabilitering av mennesker som har gjennomgått rekonstruksjon av fremre korsbånd. Dette fordrer at fysioterapeuten, i henhold til de yrkesetiske retningslinjene, evner å holde seg oppdatert på eget fagområde og har en yrkesutøvelse av høy kvalitet (Norsk fysioterapeutforbund [NFF], 2015b). På denne måten gir fysioterapeuten den beste og mest relevante behandlingen, slik at pasienten kommer tilbake til arbeid- og fritidsaktiviteter med god funksjon. Med henhold til rehabiliteringen etter rekonstruksjon av fremre korsbånd, innebærer dette å skape egne erfaringer med bruk av blant annet elektrisk muskelstimulering, som tilleggsbehandling, ved ulike tilstander. For til tross for at det er et gammelt fenomen, er det likevel usikkert og nytt rettet mot korsbåndsoopererte. De inkluderte studiene viser at elektrisk muskelstimulering som tilleggsbehandling har positive tendenser når det gjelder å øke kraftutviklingen i quadriceps, så lenge anvendelsen er gjennomtenkt. Denne kunnskapen kan bidra til å øke kvaliteten på rehabiliteringen, og dermed bidra til at flere returnerer til vante aktiviteter, samt unngår re-skader.

Det fremgår av funnene i dette litteraturstudiet at bruk av elektrisk muskelstimulering ikke alltid oppnår større kraftutvikling tidligere, enn kun med bruk av tradisjonelle metoder. Dermed bør ikke hensikten med elektrisk muskelstimulering være å akselerere rehabiliteringen, men heller være et hjelpemiddel som bidrar til å optimalisere funksjonen innen den rehabiliteringsperioden som er avsatt på rundt 1 år. Med dette menes det kraftutvikling og teknikk som samsvarer med aktiviteten eller idretten som utøves. Funnene viser at man kan oppnå bedre muskelstyrke med kombinert bruk av elektrisk muskelstimulering og trening. Etersom muskelstyrke og teknikk er avhengige av hverandre, vil musklens kraftutvikling gi bedre teknikk og prestasjon (Hallén & Ronglan, 2011), og dermed forbedre rehabiliteringen. Dette kan også bidra til at pasienten er bedre rustet når RTP nærmer seg, og risikoen for re-skade reduseres. For når man ser konsekvensene etter korsbåndsskader med store kostnader, endret funksjon på kort og lang sikt, samt langvarig fravær fra vante aktiviteter (Bahr et al., 2014c), handler alt om å unngå at det skjer igjen. Fysioterapeuter er ikke bare involvert i habilitering og rehabilitering, men er også avgjørende for det forebyggende arbeidet både på individ- og systemnivå (NFF, 2015a). Med tanke på

resultatene av kombinert aktiv og elektrisk orientert kontraksjon av muskulaturen, bør det vurderes om bruk av elektrisk muskelstimulering også kan virke forebyggende for korsbåndsskader på en annen måte en aktiv trening. Dette med bakgrunn i at man muligens har bedre forutsetninger for viljestyrt aktivering av muskulaturen før en eventuell skade.

LSI kan være hensiktsmessig å bruke som et mål og utgangspunkt for rehabiliteringen, så lenge det ikke overtar de individuelle vurderingene hos klinikerne. Dette er blant annet med bakgrunn i funn som viser at også frisk side opplever svakhet postoperativt, og at dette påvirker LSI summen. Fysioterapeuter får dermed en sentral rolle ettersom deres kompetanse om kropp og bevegelse kan brukes i kombinasjon med de objektive LSI målingene, for å gjøre en helhetlig klinisk vurdering. Dette med bakgrunn i at fysioterapeuter har unike muligheter til å studere asymmetri og avvik i belastningsmønstre, og dermed oppdage tegn og risikofaktorer for skader og re-skader hos enkeltindivid, som ikke registreres av objektive mål. Dette er med utgangspunkt i at dårlig muskelstyrke eller asymmetrisk muskelbalanse forstyrrer bevegelsesmønstret (Schmitt et al., 2015), som det da ikke alltid kommer frem med bruk av objektive mål.

4.3. Styrker og svakheter med denne litteraturstudien

Systematiske litteraturstudier er avhengig av et tilstrekkelig antall studier av god kvalitet for å kunne trekke konklusjoner på bakgrunn av resultatene (Forsberg & Wengström, 2015). Dette litteraturstudiet er kun basert på seks studier, som i utgangspunktet kan være litt snevert, til tross for at fem av seks studier er RCT-studier av god kvalitet. Antallet inkluderte studier henger mest sammen med at søket kun fant frem til disse seks resultatene som kunne belyse problemstillingen, og som stemte overens med oppgavens inklusjons- og eksklusjonskriterier. Dette fremstår dermed som en svakhet i denne litteraturstudien. Et av inklusjonskriteriene var at studiene var utgitt etter år 2000, ettersom en litteraturstudie ifølge Dalland (2014) handler om å sammenfatte den nyeste kunnskapen innenfor det aktuelle temaet. Ved første øyekast kan likevel studien av Fitzgerald et al., (2003) fremstå som noe gammel og utdatert, hvilket er viktig å være bevisst når resultatene skal analyseres. På tross av dette bør det bemerkes at litteraturstudien har tilsvarende fem artikler som er utgitt de siste åtte årene, som gir god informasjon.

Deltakerne i de ulike studiene er av begge kjønn, med en noe større andel menn.

Kjønnsforskjellene blir ikke belyst og vurdert i de respektive studiene, men det bør tas hensyn

til med tanke på å sammenligne resultatene i dette litteraturstudiet. Dette er fordi menn har større evne til å øke muskelmasse og dermed styrke raskere (Sand et al., 2014). Til tross for disse forskjellene, blir alle deltakerne sammenlignet med eget utgangspunkt og frisk side, og ikke en gitt standard. Dermed kan man sammenligne økning i prosent, så lenge man er bevisst denne kjønnsforskjellen.

I alle studiene blir intervensjonsgruppen, som mottar elektrisk muskelstimulering og tradisjonell rehabilitering, sammenlignet med en kontrollgruppe som også mottar det som omtales som tradisjonell eller standard rehabilitering. I studien av Lepley et al. (2015) blir ikke innholdet i rehabiliteringen beskrevet, det er også mangler i de øvrige studiene knyttet til spesifikke øvelser og dosering av treningen. Dette gjør det vanskelig å sammenligne treningsprogrammene i de forskjellige studiene. Med dette tatt i betraktning skal i hovedsak all tradisjonell rehabilitering ta utgangspunkt i anbefalte retningslinjer. Dermed bør bakgrunnen og målsetningen rehabiliteringen være lik i de ulike studiene, men dette er noe man bør være bevisst i analysen av denne studienes resultater.

Alle studiene vurderer effekt av behandling på quadriceps-styrken, men det brukes forskjellige metoder for å måle og det blir vurdert ut ifra forskjellige type muskelarbeid. Det er i tillegg flere variabler eller utfall som elektrisk muskelstimulering har mulig effekt på, deriblant muskelaktivering, ROM og smerte. Ettersom grad av smerte påvirker kraftutvikling (Juel, 2014), og smerte etter rekonstruksjon av fremre korsbånd varierer mellom individ, kan dette være en feilkilde med tanke på resultatene. Dette særlig med tanke på at studier har vist at mennesker som er operert med patellarsenegraft, opplever større grad av smerte enn de som ikke har graft fra patellarsenen (Widner, Dunleavy & Lynch, 2019). Å fokusere på quadriceps-styrke som utfall fremstår likevel hensiktsmessig, ettersom det har høy prioritet i tradisjonelle rehabiliteringsmetoder.

5. Konklusjon

Etter en gjennomgang av aktuell litteratur fremstår bruk av elektrisk muskelstimulering som hensiktsmessig for å øke kraftutviklingen i quadriceps etter rekonstruksjon av fremre korsbånd. Tatt i betraktning at metode, dosering og varighet er nøye gjennomtenkt for formålet, da funnene indikerer at utfallet av rehabiliteringen har stor sammenheng med total mengde stimuli på quadriceps. NMES-behandling er dermed som med all annen behandling, avhengig av måten det blir brukt på for at det skal gi ønsket resultat. Tidligere forskning på bruk av elektrisk muskelstimulering rettet mot nevrologiske tilstander, muskel- og skjelettplager og friske individer, samt teori og funnene i denne litteraturstudien indikerer at NMES med MPC-metoden gir best resultat. Det er særlig vektlagt bruk av høy frekvens og intensitet, gjerne med behandlinger opp mot fem dager i uka. Det bør også vurderes en aktiv tilnærming, der det benyttes en kombinasjon av viljestyrt og elektrisk orientert kontraksjon av quadriceps samtidig.

6. Litteraturliste

- Bahr, R., Alfredson, H., Järvinen, M., Järvinen, T., Khan, K., Kjær M., Matheson, G. & Mæhlum, S. (2014a). Skadetyper og -årsaker. I R. Bahr (Red.), *Idrettsskader: diagnostikk og behandling* (s. 1-24). Bergen: Fagbokforlaget.
- Bahr, R., Cook, J., Langberg, H., MacAuley, D., Matheson, G. & Mæhlum, S. (2014b). Behandling av idrettsskader. I R. Bahr (Red.), *Idrettsskader: diagnostikk og behandling* (s. 25-39). Bergen: Fagbokforlaget.
- Bahr, R., Verhagen, E., Meeuwisse, W. & Steffen, K. (2014c). Forebygging av idrettsskader. I R. Bahr (Red.), *Idrettsskader: diagnostikk og behandling* (s. 40-57). Bergen: Fagbokforlaget.
- Bax, L., Staes, F. & Verhagen, A. (2005). Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris. *Sports medicine*, 35(3), 191-212.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200535030-00002>
- Brodal, P. (2013). *Sentralnervesystemet* (5. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Busch, T. (2013). *Akademisk skriving for bachelor- og masterstudenter*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Dalland, O. (2014). *Metode og oppgaveskriving* (5. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Doucet, B. M., Lam, A. & Griffin, L. (2012). Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *Yale journal of biology and medicine*, 85(2), 201-215.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3375668/>
- Eckenrode, B. J., Carey, J. L., Sennett, B. J. & Zgonis, M. H. (2017). Prevention and management of post-operative complications following ACL reconstruction. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 10(3), 315-321. [10.1007/s12178-017-9427-2](https://doi.org/10.1007/s12178-017-9427-2)

- Eitzen, I., Moksnes, H., Øiestad, B. E. & Risberg, M. A. (2008). Totalruptur av fremre korsbånd: funksjonstesting, rehabilitering og langtidsfølger. *Fysioterapeuten*, 75(11), 22-28.
- Engebretsen, L., LaPrade, R. F., Pierce, C. M., Cook, J., Arendt, E., Mohtadi, N. & Bahr, R. (2014). Akutte kneskader. I R. Bahr (Red.), *Idrettskader: diagnostikk og behandling* (s. 349-385). Bergen: Fagbokforlaget.
- Feil, S., Newell, J., Minogue, C. & Paessler, H. (2011). The effectiveness of supplementing a standard rehabilitation program with superimposed neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1238-1247. <https://doi.org/10.1177/0363546510396180>
- Fitzgerald, G. K., Piva, S. R. & Irrgang, J. J. (2003). A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(9), 492-501. 10.2519/jospt.2003.33.9.492.
- Forsberg, C. & Wengström, Y. (2015). *Att göra systematiska litteraturstudier* (4. utg.). Stockholm: Natur & kultur
- Gjerset, A. (1992). *Idrettens treningslære*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Gjerset, A., Raastad, T. & Nilsson, J. (2015). Grunnleggende treningsprinsipper. I A. Gjerset (Red.), *Idrettens treningslære* (2. utg.) (s. 27-56). Oslo: Gyldendal Undervisning.
- Gokeler, A., Bisschop, M., Benjaminse, A., Myer, G. D., Eppinga, P. & Otten, E. (2014). Quadriceps function following ACL reconstruction and rehabilitation: implications for optimisation of current. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 22(5), 1163-1174. 10.1007/s00167-013-2577-x
- Gondin, J., Cozzone, P. J. & Bendahan, D. (2011). Is high-frequency neuromuscular electrical stimulation a suitable tool for muscle performance improvement in both healthy humans and athletes? *European journal of applied physiology*, 111(10), 2473-2487.

<https://doi.org/10.1007/s00421-011-2101-2>

Hallén, J. & Ronglan, L. T. (2011). *Treningslære for idrettene*. Oslo: Akilles.

Hasegawa, S., Kobayashi, M., Arai, R., Tamaki, A., Nakamura, T. & Moritani, T. (2011). Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(4), 622-630.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.01.005>

Huber, R., Viecelli, C., Bizzini, M., Friesenbichler, B., Dohm-Acker, M., Rosenheck, T., Harder, L. & Maffiuletti, N. A. (2019). Knee extensor and flexor strength before and after anterior cruciate ligament reconstruction in a large sample of patients: influence of graft type. *The physician and sports medicine*, 47(1), 85-90.
[10.1080/00913847.2018.1526627](https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1526627)

Juel, N. G. (2014). Kne. I N.G. Juel (Red.), *Norsk fysikalsk medisin* (3. utg.) (s. 275-297). Bergen: Fagbokforlaget.

Kim, K. M., Croy, T., Hertel, J. & Saliba, S. (2010). Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function, and patient-oriented outcomes: a systematic review. *The journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 40(7), 383-391. [10.2519/jospt.2010.3184](https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3184)

Labanca, L., Rocchi, J. E., Laudani, L., Guitaldi, R., Virgulti, A., Mariani, P. P. & Macaluso, A. (2018). Neuromuscular electrical stimulation superimposed on movement early after ACL surgery. *Medicine and science in sports & exercise*, 50(3), 407-416.
[10.1249/MSS.0000000000001462](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001462)

Lepley, L. K., Wojtys, E. M. & Palmieri-Smith, R. M. (2015). Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. *Knee*, 22(3), 270-277.
<https://doi.org/10.1016/j.knee.2014.11.013>

- Moksnes, H. (2019). Ligamentskader og skader i leddbrusk. *Fysioterapeuten*, 86(9), 41-43.
- Myklebust, G. & Bahr, R. (2005). Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *British journal of sports medicine*, 39(3), 127-131.
[10.1136/bjsm.2004.010900](https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.010900)
- Mæhlum, S. (2019a, 26. September). *Elektroterapi*. I Store medisinske leksikon. Hentet fra:
<https://sml.sn.no/elektroterapi>
- Mæhlum, S. (2019b, 15. juli). *Isokinetisk trening*. Hentet 5. desember 2019 fra
https://sml.sn.no/isokinetisk_trening.
- Nasjonalt servicemiljø for medisinske kvalitetsregistre. (u.å). *Nasjonalt korsbåndregister*.
Hentet fra: <https://www.kvalitetsregistre.no/registers/nasjonalt-korsbandregister>
- Norsk Fysioterapeutforbund. (2015a, 12. januar). *Hva er fysioterapi?* Hentet fra:
<https://fysio.no/Hva-er-fysioterapi/Hva-er-fysioterapi-utdypet>
- Norsk Fysioterapeutforbund. (2015b, 20. mai). *NFFs yrkesetiske retningslinjer*. Hentet fra:
<https://fysio.no/Forbundsforbuden/Jus-arbeidsliv/Aktuelle-tema/Etikk/NFFs-yrkesetiske-retningslinjer>
- Norsk Helseinformatikk. (2019, 3. mars). *Fremre korsbåndskade*. Hentet fra:
<https://nhi.no/sykdommer/muskelskjelett/kne/korsbandskade-fremre/?page=6>
- Paterno, M. V., Rauh, M. J., Schmitt, L. C., Ford, K. R. & Hewett, T. E. (2012). Incidence of contralateral and ipsilateral anterior cruciate ligament (ACL) injury after primary ACL reconstruction and return to sport. *Clinical journal of sports medicine*, 22(2), 116-121.
[10.1097/JSM.0b013e318246ef9e](https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e318246ef9e)
- Petersen, W., Taheri, P., Forkel, P. & Zantop, T. (2014). Return to play following ACL reconstruction: a systematic review about strength deficits. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 134(10), 1417-1428. [10.1007/s00402-014-1992-x](https://doi.org/10.1007/s00402-014-1992-x)

- Raastad, T., Nilsson, J., Enoksen, E. & Gjerset, A. (2015). Muskelstyrke og styrketrening. I A. Gjerset (Red.), *Idrettens treningslære* (2. utg.) (s. 369-424). Oslo: Gyldendal Undervisning.
- Risberg, M. A. (2014, 28. september). *Nevromuskulær elektrisk stimulering*. I Store medisinske leksikon. Hentet fra:
https://sml.sn.no/nevromuskulær_elektrisk_stimulering
- Risberg, M. A., Myklebust, G., LaPrade, R., Pierce, C. M., Bahr, R., Engebretsen, L., Cook, J., Arendt, E. & Mohtadi, N. (2014). Rehabilitering av kneskader. I R. Bahr (Red.), *Idrettsskader: diagnostikk og behandling* (s. 386-391). Bergen: Fagbokforlaget.
- Saka, T. (2014). Principles of postoperative anterior cruciate ligament rehabilitation. *World journal of orthopedics*, 5(4), 450-459. [10.5312/wjo.v5.i4.450](https://doi.org/10.5312/wjo.v5.i4.450)
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. (2014). *Menneskets fysiologi* (2. utg.). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Schmitt, L. C., Paterno, M. V., Ford, K. R., Myer, G. D. & Hewett, T. E. (2015). Strength asymmetry and landing mechanics at return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(7), 1426-1434.
[10.1249/MSS.0000000000000560](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000560)
- Scott, W., Adams, C., Cyr, S., Hanscom, Hill, K., Lawson, J. & Ziegenbein, C. (2015). Electrically elicited muscle torque: comparison between 2500-Hz burst-modulated alternating current and monophasic pulsed current. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 45(12), 1035-1041. [10.2519/jospt.2015.5861](https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5861)
- Taradaj, J., Halski, T., Kucharzewski, M., Walewicz, K., Smykla, A., Ozon, M., Slupska, L., Dymarek, K., Ptazkowski, K., Rajfur, J. & Pasternok, M. (2013). The effect of neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and knee function in professional soccer players: return to sport after ACL reconstruction. *Biomed Research International*, 2013(2013), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/802534>

Widner, M., Dunleavy, M. & Lynch, S. (2019). Outcomes following ACL reconstruction based on graft type: are all grafts equivalent. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 1-6. [10.1007/s12178-019-09588-w](https://doi.org/10.1007/s12178-019-09588-w)

Wisnes, A. R. (2013). *Lærebok i biomekanikk*. Oslo: Cappelen Damm.

Wright, R. W., Preston, E., Fleming, B. C., Amendola, A., Andrish, J. T., Bergfeld, J. A., Dunn, W. R., Kaeding, C., Kuhn, J. E., Marx, R. G., McCarty, E. C., Parker, R. C., Spindler, K. P., Wolcott, M., Wolf, B. R. & Williams, G. N. (2008). A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics. *The journal of knee surgery*, 21(3), 225-234. [10.1055/s-0030-1247823](https://doi.org/10.1055/s-0030-1247823)

Yue, C., Zhang, X., Zhu, Y., Jia, Y., Wang, H. & Liu, Y. (2018). Systematic review of three electrical stimulation techniques for rehabilitation after total knee arthroplasty. *The journal of arthroplasty*, 33(7), 2330-2337. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.01.070>

7. Vedlegg 1 - Oversikt over studiene

Studie	Deltakere og Graft/operasjon	Intervensjon	Varighet (NMES)	Funn	Konklusjon
Feil et al., (2011) <i>RCT- studie</i>	96 deltakere 74 menn, 22 kvinner. Semitendinosus-gracilis	Polystim (PS) + Tradisjonell rehabilitering (1) 50 Hz. 0-70 mA. 10/20*. Samtidig med viljestyrt kontraksjon av quadriceps (Aktiv NMES).	5 dager i uka. 3 x daglig, 20 min pr. økt. Fra 3. postoperative dag, 12 uker fremover.	Økning i ekstensorstyrke (i %). Gr. 1: 5.1% (90) og 5% (180) Gr. 2: 30.2% (90) og 27.8% (180) Gr. 3: 6.6% (90) og 6.7% (180). Isokinetisk (90°/s og 180°/s): Alle grupper viste forbedring, men gr. 2 hadde signifikant bedre styrke på alle tidspunkt og målinger, sammenlignet med de to andre.	Intensiv KH-stimulering kombinert med tradisjonell rehabilitering er effektivt for å fremskynde rehabiliteringen etter kneoperasjon.
		Kneehab (KH) + tradisjonell rehabilitering (2) 50 Hz. 0-70 mA. 5/10*. Samtidig med viljestyrt kontraksjon av quadriceps (Aktiv NMES).			
		Tradisjonell rehabilitering. (3)			
Fitzgerald et al., (2003) <i>RCT-studie</i>	43 deltakere 26 menn, 17 kvinner.	NMES + Tradisjonell rehabilitering (1) 2500 Hz. 275 serier. 10/50*. Intensitet etter toleranseevne.	2 dager i uka. 10 min pr. økt. Fra 10. postoperative dag, 10 uker fremover.	Dreiemoment for quadriceps 12 uker: Gr. 1: 75.9 +/- 16.8 Gr. 2: 67.0 +/- 19.9	Behandlingseffekten er mindre enn det som er rapportert i tidligere studier. Ville benyttet original NMES-metode, men den modifiserte er

	Semitendinosus-gracilis eller patellarsene.	Tradisjonell rehabilitering (2)		Dreiemoment for quadriceps 16 uker: Gr. 1: 83.1 +/- 15.6 Gr. 2: 75.0 +/- 17.8 Isometri (60°): Gr. 1 var signifikant bedre etter 12 uker, men ikke statistisk signifikant etter 16 uker.	god dersom man ikke tåler høy-intensiv NMES eller ikke har dynamometer tilgjengelig.
Hasegawa et al., (2011) <i>RCT-studie</i>	20 deltakere 16 menn, 4 kvinner. Semitendinosus-gracilis	NMES i tillegg til tradisjonell rehabilitering (1) 20 Hz. 5/2*. Intensitet etter toleranseevne (gradvis økning). Tradisjonell rehabilitering (2)	5 dager i uka. 20 min pr. økt. Fra 2. postoperative dag, 4 uker fremover.	Isometri (90°) og isokinetisk (60°/s): Gr. 1 hadde lite reduksjon av muskelstyrke mellom 1. og 2. måling, der kontrollgruppen hadde signifikant reduksjon. Begge grupper er signifikant bedre fra 2. til 3. måling. Gr. 1 har høyere verdier enn gr. 2 ved 3. måling, selv om det ikke er signifikant.	Elektrisk muskelstimulering tidlig i rehabiliteringen er effektiv for å opprettholde og øke muskeltykkelse og styrke i det opererte beinet.
Labanca et al., (2018) <i>RCT-studie</i>	63 deltakere. Alle menn. Patellarsene.	NMES samtidig som STSTS som tilleggsbehandling til tradisjonell rehabilitering (1) 35-50 Hz. 0-120 mA. 8/8*. (Aktiv NMES)	5 dager i uka. Ca. 10-15 min pr. økt (følger STSTS-repetisjoner). Fra 15. postoperative	Limb symmetry index (LSI) dag 60: Gr. 1: 75% Gr. 2: 62% Gr. 3: 61% Limb symmetry index (LSI) dag 180	Tidlig intervensjon med elektrisk muskelstimulering samtidig som man utøver funksjonelle øvelser er effektivt for å forbedre både styrke og symmetri i

			dag, 6 uker fremover.	Gr. 1: <90% Gr. 2: >85% Gr. 3: >85%	underekstremitetene på tidspunktet ved RTP.
		STSTS i tillegg til tradisjonell rehabilitering (2)		Isometri (30° og 90°): Gr. 1 har signifikant bedre ekstensorstyrke enn gr. 2 og 3. Signifikant bedre styrkeforhold mellom skadd/uskadd bein. Alle har signifikant bedring sammenlignet med seg selv (mellom målingene).	
		Tradisjonell rehabilitering (3)			
Lepley et al., (2015) <i>Observasjonsstudie uten randomisering.</i>	36 deltakere + 10 friske. 29 menn, 17 kvinner. Semitendinosus-gracilis eller patellarsene.	NMES + Eksentrisk styrketrening + Tradisjonell rehabilitering (1) 2500 Hz. 275 serier. 10/50*. Intensitet etter toleranseevne (gradvis økning).	2 dager i uka. 10 min pr. økt. Første 6 uker av rehabiliteringen. Eksentrisk styrketrening 2 dager i uka fra 6. uke.	Isometri (90°): Gr. 1 og 2 var signifikant bedre enn gr. 3 og 4. Ingen signifikant forskjell mellom gr. 1 og 2. Ingen signifikant forskjell mellom 3. og 4. Gr. 1 og 2. viste ingen signifikant forskjell med friske ved RTP. Både gr. 3 og 4. var signifikant svakere enn friske ved RTP.	Eksentrisk styrketrening var i stand til å gjenopprette nivåer av quadricepsstyrke og -aktivering som var lik friske, og bedre enn det NMES-behandlingen klarte å utrette alene.
		Eksentrisk styrketrening + Tradisjonell rehabilitering (2)			
		NMES + Tradisjonell rehabilitering (3) 2500 Hz. 275 serier. 10/50*. Intensitet etter			

		toleranseevne (gradvis økning).			
		Tradisjonell rehabilitering (4)			
Taradaj et al., (2013) <i>RCT-studie</i>	80 deltakere Alle menn. Semitendinosus-gracilis.	NMES + Tradisjonell rehabilitering (1) 2500 Hz. 250 serier. 10/50*. 10 min. 55-67mA.	3 dager i uka. 3 x daglig Fra 6. postoperative måned, 4 uker fremover.	Kraft i Newton (N): Op. Side (6. mnd.) gr. 1: 645.9N Op. Side (7. mnd.) gr. 1: 893.4N Op. Side (6. mnd.) gr. 2: 648.6N Op. Side (7. mnd.) gr. 2: 669.8N Ikke-Op. Side (6. mnd.) gr. 1: 840.1N Ikke-Op. Side (7. mnd.) gr. 1: 1089.8N Ikke-Op. Side (6. mnd.) gr. 2: 840.4N Ikke-Op. Side (7. mnd.) gr. 2: 885.2N Isometri (60°): Gr. 1 hadde signifikant bedre styrke i quadriceps både på operert og ikke-operert side.	Bruk av NMES er effektivt for å gjenopprette quadricepsstyrke hos fotballspillere. Bruk av NMES er også trygt for kneleddet.
		Tradisjonell rehabilitering. (2)			

*x/y = x indikerer hvor lang tid stimuleringen varer, y indikerer hvor lang tid pausen varer (i sekunder)

¹STSTS = sit-to-stand-to-sit øvelser. ²Serier = «burst frequency». Stimuleringen blir gitt med en viss frekvens i serier på henholdsvis 75 og 50 serier pr. sekund. NMES = «neuromuscular electrical stimulation».

8. Vedlegg 2 – STROBE statement sjekkliste

STROBE statement – checklist of items that should be included in reports of observational studies

1	Title and abstract	<ul style="list-style-type: none"> - A: Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract - B: Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found.
2	Background/rationale	<ul style="list-style-type: none"> - Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported.
3	Objectives	<ul style="list-style-type: none"> - State specific objectives, including any prespecified hypotheses.
4	Study design	<ul style="list-style-type: none"> - Present key elements of study design early in the paper.
5	Setting	<ul style="list-style-type: none"> - Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up and data collection.
6	Participants	<p>A:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cohort study: give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up. - Case-control study: give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of cases and controls. - Cross-sectional study: Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. <p>B:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cohort study: For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed. - Case-control study: For matched studies, give matching criteria and number of controls per case.
7	Variables	<ul style="list-style-type: none"> - Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable.

8	Data sources/measurement	<ul style="list-style-type: none"> - For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
9	Bias	<ul style="list-style-type: none"> - Describe any efforts to address potential sources of bias
10	Study size	<ul style="list-style-type: none"> - Explain how the study size was arrived at
11	Quantitative variables	<ul style="list-style-type: none"> - Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
12	Statistical methods	<ul style="list-style-type: none"> - A: Describe all statistical methods, including those used to control for confounding. - B: Describe any methods used to examine subgroups and interactions. - C: Explain how missing data were addressed. D: - Cohort study: If applicable, explain how loss to follow-up was addressed. - Case control study: If applicable, explain how matching of cases and controls was addressed. - Cross-sectional study: If applicable, describe analytical methods taken account of sampling strategy. - E: Describe any sensitivity analyses.
13	Participants	<ul style="list-style-type: none"> - A: Report numbers of individuals at each stage of study; eg. Numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed. - B: Give reasons for non-participation at each stage. - C: Consider use of flow diagram.
14	Descriptive data	<ul style="list-style-type: none"> - A: Give characteristics of study participants (demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders. - B: Indicate number of participants with missing data for each variable of interest.

		- C: Cohort study: summarise follow-up time (average and total amount).
15	Outcome data	<ul style="list-style-type: none"> - Cohort study: report numbers of outcome events or summary measures over time - Case-control study: report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure. - Cross-sectional study: report numbers of outcome events or summary measures.
16	Main results	<ul style="list-style-type: none"> - A: Give unadjusted estimated and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included. - B: Report category boundaries when continuous variables were categorized. - C: If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period.
17	Other analyses	- Report other analyses done, eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
18	Key results	- Summarise key results with reference to study objectives
19	Limitations	- Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
20	Interpretation	- Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
21	Generalisability	- Discuss the generalisability (external validity) of the study results
22	Funding	- Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

