

Medfører mekanisk stimulering af trigger punkt i infraspinatus en ændring af muskeltonus?

Does mechanical stimulation of trigger point in infraspinatus cause any changes in muscletone?

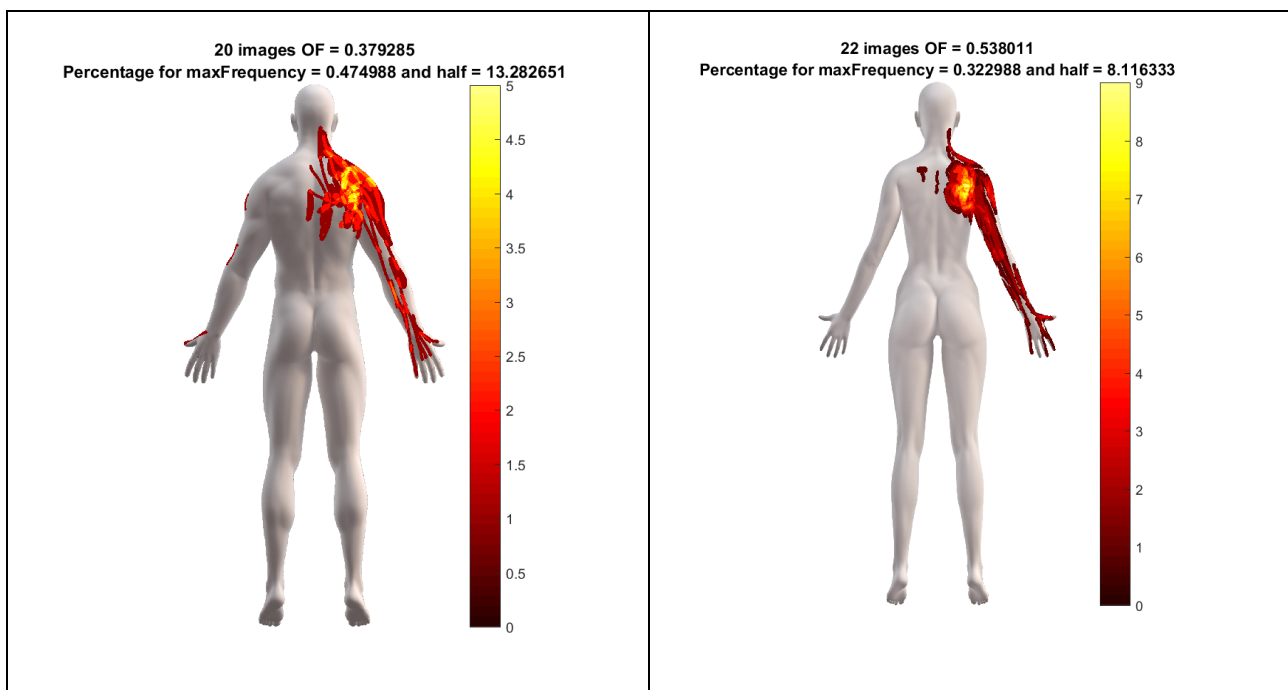


Illustration af samlet indtegnet smertebillede for mænd og kvinder indtegnet i Navigate Pain indsamlet i dette projekt.



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Medfører mekanisk stimulering af trigger punkt i infrapinatus en ændring af muskeltonus?

Opgavetype:

Specialeprojekt
Kandidatuddannelse i Klinisk Videnskab og Teknologi
Aalborg Universitet



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Projektgruppe:

16gr10512

Gruppemedlemmer:

Peter Skrejborg

Afleveringsdato: 01. juni 2016

Sideantal: 46

Bilagsantal: 4

Vejleder:

Thorvaldur Skuli Palsson, Ph.d., fysioterapeut og adjunkt, Center for Neuroplasticity and Pain (CNAP), Aalborg Universitet

Abstract

Baggrund: Skuldersmerter forekommer hyppigt blandt almindelige borgere. Disse smerter kan have stor indflydelse på de berørtes hverdag.

Undersøgelse for og behandling af sensitive områder i musklerne er i dag en vigtig del af behandlingen af diverse skulderlidelser. Palpation og smerteprovokation bruges ligeledes til at diagnosticere og skelne mellem forskellige årsager til symptomer i området. Det er velbeskrevet, at ømhed i Infrapinatus igennem længere tid kan give gener i form af muskelspændinger i skulderens muskler. Man ved imidlertid ikke, hvorvidt generne kan tilskrives musklernes tonus eller det skyldes andre årsager.

Metode: Muskeltonus måles før og efter en mekanisk stimulering af trigger punkt i infrapinatus for at undersøge om der sker en ændring. Derudover undersøges der for en sammenhæng mellem den inducerede smerte og smerteudbredelsen ved hjælp af digital smertetegning.

Resultater: Resultaterne bygger på data fra 40 forsøgspersoner. Alle forsøgspersoner har opnået lokal smerte under stimulering af trigger punkt i infrapinatus.

På stimulerede side findes der en signifikant forskel i muskeltonus i infrapinatus, deltoideus og brachioradialis målt fra baseline til efter stimulering.

Der er ikke fundet nogen signifikante sammenhænge mellem PPT, VAS, smerteareal og ændring i muskeltonus.

Konklusion: Som følge af den mekaniske stimulering er der påvist en signifikant øget muskeltonus målt på parameteren Naturlig Oscillationsfrekvens i alle tre muskler, ($P < 0,05$). På den baggrund konkluderes det derfor, at måling af muskeltonus potentielt kan bruges til klinisk undersøgelse af muskelsmerte med henblik på at klarlægge smertemønstre.

Denne opgave, eller dele heraf, må kun offentliggøres med forfatterens tilladelse, jævnfør bekendtgørelse af lov om ophavsret nr. 1144 af 23. oktober 2014.

Does mechanical stimulation of trigger point in infraspinatus cause any changes in muscle tone?

Type of assignment:

Master's thesis
Master of Clinical Science and Technology
Aalborg University



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Projectgroup:

16gr10512

Date of completion: 1. of June 2016**Group members:**

Peter Skrejborg

Number of pages: 46**Appendices:** 4**Supervisor:**

Thorvaldur Skuli Palsson, Physiotherapist, MSc, PhD, Center for Neuroplasticity and Pain (CNAP), Aalborg University.

Abstract

Introduction: Shoulder pain is a common condition and can have great impact on daily living. Examination and treatment of sensitive areas in the muscles is an important part of the treatment of various shoulder disorders today. Palpation and pain provocation is used to diagnose and to distinguish between different reasons to symptoms in the area. It is well understood that soreness in infraspinatus for long period of time can cause symptoms as tension in the shoulder muscles. But it is unknown if it is due to changed muscle tone or due to other reasons.

Method: Muscle tone was measured before and after mechanical stimulation of a trigger point in the infraspinatus to clarify any change. Also an analyze for a correlation between muscle pain and the spread of pain were made.

Results: The results are based on data from 40 subjects. All subjects achieved local pain during stimulation of the trigger point in infraspinatus.

On the stimulated side, there were found a significant difference in muscle tone in both infraspinatus, deltoid and brachioradialis measured from baseline to post-stimulation. None significant correlations were found between PPT, VAS, pain area and changes in muscle tone.

Conclusion: As a result of the mechanical stimulation it has been demonstrated a significantly increased muscle tone measured by the parameter natural oscillation frequency in all three muscles ($P < 0.05$). On this basis, it is concluded that measurement of muscle tone can be used as a clinical study of muscle pain in order to clarify pain patterns.

The content of this paper is publicly available but citations (with references) are only allowed with permission from the authors, based upon the Danish law of copyright no.1144 by October 23th 2014.

Forord

Dette specialeprojekt er udarbejdet på kandidatuddannelsen i Klinisk Videnskab og Teknologi ved Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Institut for Medicin og Sundhedsteknologi på Aalborg Universitet. Projektet er udarbejdet af 16gr10512 i perioden ultimo januar til ultimo maj 2016. Projektgruppen består én fysioterapeut.

Projektemnet er udvalgt på baggrund af en personlig og arbejdsmæssig interesse, og bygger således videre på 2. og 3. semesterprojekterne: *Undersøgelse af sammenhæng mellem muskelsmerte og muskeltonus i musculus quadriceps femoris* og *Undersøgelse af implementering af Navigate Pain i klinisk praksis*. Der er derfor afsnit i denne rapport, der vil have stor lighed med afsnit i ovennævnte rapporter. De er dog tilrettet med nyeste viden og tilpasset emnet i denne rapport. Det drejer sig om afsnit 1.3 *Smertefysiologi*, afsnit 1.7 *Muskeltonus* og afsnit 1.8 *Ændring af muskeltonus* i problembaggrunden, og afsnit 3.5.2 *Måling af muskeltonus* i metoden. Det er alle teoretiske og faktuelle afsnit, der ikke har kunnet ses bort fra.

Denne rapport henvender sig til sundhedsprofessionelle med interesse for muskelsmerter og implementering af ny teknologi i sundhedssektoren, og i særdeleshed inden for diagnosticering og effekt af klinisk praksis.

Der rettes en stor tak til forsøgspartagerne, der velvilligt har deltaget i undersøgelsen. Tak fordi I har delt jeres smerter med mig.

Ligeledes rettes der en særlig tak til projektgruppens vejleder Thorvaldur Skuli Palsson, Ph.d., fysioterapeut og adjunkt, Center for Neuroplasticity and Pain (CNAP), Aalborg Universitet, for en altid åben dør, sparring og vejledning gennem konstruktiv feedback.

Samt til Shellie Boudreau Christensen, Ph.d., fysioterapeut og lektor, Center for Neuroplasticity and Pain (CNAP), Aalborg Universitet for udlån af tablet og MyotonPro, samt hjælp til ekstraktion af data fra Navigate Pain, og et godt råd når der var brug for det.

Læsevejledning

Dette projekt består af en rapport på 46 sider med 4 vedlagte bilag.

Rapportens indhold er struktureret efter den overordnede model: *Problembaggrund, hypotese, metode, resultater, diskussion, konklusion, perspektivering, referenceliste og bilag.*

I rapporten refereres der til kilder efter Vancouver metoden, hvor der i teksten indsættes tal i parenteser, (Ref1). Såfremt der er flere kilder til det samme afsnit, bliver tallene i parenteser separeret med komma (Ref1,Ref2) og er der flere end to fortløbende referencenumre, bliver referencenumrene separeret med bindestreg, (Ref1-Ref3). Referencenumre placeret i slutningen af en sætning, før punktum, refererer til den konkrete sætning. Referencenumre placeret efter en sætning, efter punktum, refererer tilbage til det forgående afsnit.

I rapporten indgår figurer, tabeller og bilag som bliver nummereret fortløbende på baggrund af typen.

Indholdsfortegnelse

Forord	4
Læsevejledning	5
Indholdsfortegnelse	6
1 Problembaggrund	8
1.1 Prævalensen af smerter i skulder og overekstremiteterne	8
1.2 Definition af smerter.....	9
1.3 Smertefysiologi	9
1.4 Muskel smerter vs cutane smerter	11
1.5 Myofascielt smertesyndrom/Trigger punkt	12
1.6 Referret smerte	15
1.7 Muskeltonus	15
1.8 Ændring af muskeltonus.....	16
1.9 Opsummering og den kliniske relevans	19
2 Hypotese	20
2.1 Hypotese 1.....	20
2.2 Hypotese 2.....	20
3 Metode.....	21
3.1 Design.....	21
3.2 Rekruttering af forsøgsdeltagere.....	21
3.3 In- og eksklusionskriterier	21
3.4 Etiske overvejelser	22
3.5 Forsøgsprotokol	23
3.5.1 Målepunkter	23
3.5.2 Måling af muskeltonus	23
3.5.3 Identificering af stimuleringspunkt i infraspinatus	25
3.5.4 Tryksmertetærsklen (PPT)	25
3.5.5 Mekanisk stimulering	25
3.5.6 Smerteindtegnning	26
3.6 Opgørelse af smerteudbredelse	26

3.7	Statistik.....	27
4	Resultat	28
4.1	Demografi.....	28
4.2	Suprathreshold stimulering.....	29
4.3	Smerteudbredelse og intensitet	29
4.4	Opgørelse af resultater	31
4.4.1	Test for ændring i muskeltonus	31
4.4.2	Test for korrelationer	32
4.4.3	Test for korrelationer af korrigeret data	33
5	Diskussion.....	34
5.1	Opsummering af resultater	34
5.2	Resultatdiskussion	34
5.2.1	Suprathreshold stimulering	34
5.2.2	Smerteudbredelse og intensitet	35
5.2.3	Ændring i muskeltonus	36
5.3	Metodediskussion.....	38
5.3.1	Design	38
5.3.2	Valg af metode til smertestimulering	38
5.3.3	Udgangsstilling for stimulering og måling af muskeltonus.....	38
5.3.4	Sample size	39
6	Konklusion.....	40
7	Perspektivering.....	41
8	Referenceliste.....	42
	Bilag 1 Spørgeskema for screening af forsøgsdeltagere	47
	Bilag 2 Deltagerinformation	48
	Bilag 3 Samtykkeerklæring	51
	Bilag 4 Forsøgspersonens rettigheder i et sundhedsvidenskabeligt forskningsprojekt.....	52

1 Problembaggrund

1.1 Prævalensen af smerter i skulder og overekstremiteterne

I forbindelse med en stor undersøgelse omkring den voksne befolknings sundhed og sygelighed i Danmark i 2013, svarede 58% ud af 162.283 borgere, at de havde oplevet smerter eller ubehag i bevægeapparatet i løbet af de sidste 14-dage. 37,6% havde haft en meget generende smerte eller ubehag inden for en 14 dages-periode. 50,9% havde haft smerter eller ubehag i skulder eller nakke og 53,7% havde haft smerter eller ubehag i ekstremiteterne.(1)

Undersøgelser af prævalensen af skuldersmerter i Europa, har i flere forskellige studier vist en prævalens på 15-20%, og at skuldersmerter er den hyppigst forekommende muskuloskeletale form for smerter næst efter lænderygsmerter(2). Prævalensen af non-specifikke armsmerter vurderes til at være 9-26% af de voksne i den vestlige verden(3). Herunder findes der en incidens på 1-3% af den voksne befolkning der udvikler smerter svarende til laterale epicondylit (tennis albue).(4,5)

I 2013 havde 77,9% af den voksne danske befolkning haft kontakt med egen læge inden for de sidste 12 måneder.(1)

IASP beskriver muskelsmerter som den hyppigste årsag til langtidssygmelding. Ligeledes er en sammenhæng mellem muskelsmerter og førtidspension er også påvist. De påpeger desuden, at hvis muskelsmerter ikke behandles, kan det give kroniske smerter og blive omkostningsfuldt for samfundet.(6)

1.2 Definition af smerter

Ifølge the International Association for the Study of Pain (IASP) defineres smerte som følgende:

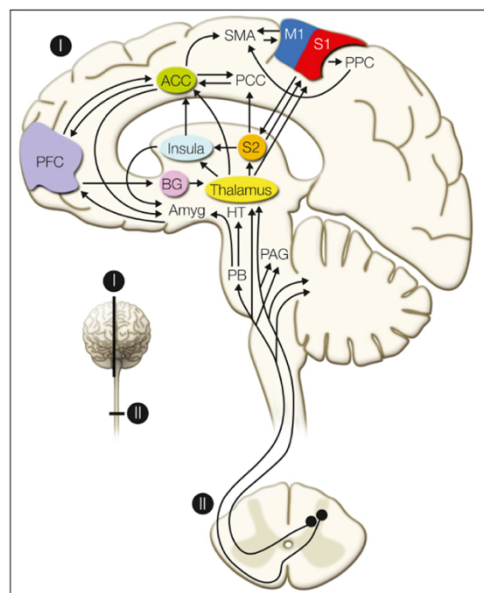
“An unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage, or described in terms of such damage”(7)

Smerte er således både en kompleks og subjektiv oplevelse. Smerter udløser sensoriske, motoriske og autonome reaktioner og desuden følelsesmæssige/kognitive komponenter. Smerteoplevelsen påvirkes i høj grad af personens tidligere erfaringer med smerte.

Smerter har tre primære formål: at erkende en potentiel skade, at beskytte det skadede område og at facilitere til adfærdsændringer.(8,9)

1.3 Smertefysiologi

Smerte er det fysiologiske resultat af en given påvirkning, et såkaldt nociceptivt stimuli, som kan være enten termisk, mekanisk eller kemisk induceret. Stimuliet aktiverer de nociceptive receptorer, når og hvis stimuliet opnår en vævsskadelig grænse. Nociceptorerne består af frie nerveender og findes i det meste af kroppen (hud, muskler, viscera, periost, bindevæv, sener, tænder og cornea), og udgør første led i smertetransmissionen. Nociceptorerne genererer et aktionspotentiale i de nociceptive nervefibre, også kaldet primære afferente nerver/første neuron, som i rygmargen baghornet kobles til andet neuron, de lange ascenderende nerver. Disse leder signalet videre til hjernen, tredje neuron: hjernestammen, thalamus samt kortikale og dybereliggende områder i hjernen. I disse områder evalueres informationerne om intensitet og lokalisation af smerten, samt de



Figur 1 :Schematisk fremstilling af de områder i hjernen der er involveret i opfattelsen af smerte, se tabel 1 for de enkelte områders funktion (10)

emotionelle, kognitive og analyserende dele af smerteoplevelsen. Endvidere sendes der signal til hypothalamus, hvor der udløses neuroendokrine og autonome responser.(9–11)

Figur 1 illustrerer de involverede områder og tabel 1 viser en oversigt over områdernes funktion.

Hjerneområder involveret i smertebearbejdning	
Hjerneområde	Funktion
Thalamus	Koordinering af signaler til højere strukturer
Insula	Koordinering af signaler til højere strukturer. Affektive og emotionelle responser på smerter
Periakvæduktale grå substans, PAG	Modtager information fra FC og det limbiske system og sender hæmmende eller fremmende signaler tilbage til rygmarven
Primære sensoriske cortex, SI	Lokalisation af smerte. Kvalitet og kognitive indhold
Sekundære sensoriske cortex, SII	Intensitet af smerte. Kvalitet og kognitive indhold
Frontal cortex, FC	Kognitiv bearbejdning af smerte
Primære motoriske cortex, MI	Afværgereflekser og adfærdsforandringer
Limbiske system	Affektiv bearbejdning af smerte. Autonomt respons

Tabel 1: Oversigt over involverede områder i hjernen, og deres funktion. Frit efter Baastrup CS et al.(9)

Smerter kan opdeles efter om hvorvidt de er akutte eller kroniske eller efter årsagen til smerterne. De akutte smerter er den reaktion, der kommer umiddelbart efter en vævsskade eller en mulig vævsskade. Akutte smerte aftager og forsvinder efter ophealing af vævsskaden. De kroniske smerter, er akutte smerter, der ikke ophører på trods af ophør/ophealing af den udløsende årsag. Smerter karakteriseres dog først som kroniske, hvis de har haft en varighed af mere end tre til seks måneder.(9,11)

Årsager til smerter, inddeles på baggrund af den formodede underliggende patologi: neuropatiske, inflammatoriske, idiopatiske eller somatiske smerter.(11–13)

De smertedefineringer, der typisk anvendes til klinisk og forskningsmæssig beskrivelse af karakteren af smerterne fremgår af tabel 2.

Smertedefinitioner	
Smerte	En ubehagelig sensorisk og emotionel oplevelse forbundet med aktuel eller mulig vævsskade eller beskrevet, som om en sådan forelå
Nociceptiv smerte	Smerte, som skyldes aktivering af nociceptorer i det perifere væv (akut smerte)
Hypoalgesi/analgesi	Nedsat eller ophævet følsomhed for nociceptive stimuli (ofte synonymt med smertefrihed)
Paræstesi	Abnorm sensibilitet, spontan eller fremkaldt
Dysæstesi	Ubehagelig, abnorm sensation, spontan eller fremkaldt
Hyperæstesi	Overfølsomhed for stimulation af alle modaliteter
Hyperalgesi	Øget smerte efter en nociceptiv stimulus. Fremkaldt smerterespons
Allodyni	Smerte fremkaldt af ikke-nociceptiv stimulus (berøring, let tryk, varme eller kulde)
Meddelt smerte (referred pain)	Smerte i et væv meddelt til andet væv (viscera, muskel, hud) inden for samme rygmarssegment

Tabel 2 Smertedefinitioner brugt klinisk og forskningsmæssigt. Frit efter Bastrup, CS et al.(9)

1.4 Muskel smerter vs cutane smerter

Ved en hurtig og kortvarig stimulering af en hudnerve eller dennes innervationsområde, ved for eksempel en elektrisk stimulering eller et pludseligt pust på huden, kan der opstå en første og anden smerte. Den første smerte har en skarp og stikkende karakter, hvorimod den anden smerte først opleves senere og har en dump eller øm karakter. Den anden smerte inkluderer ofte en længerevarende følelse.(14)

Den første smerte opstår via impulser i de relativt hurtige tynde myeliniserede nervefibre i huden. Der opstår ingen første smerte i musklerne, da impulserne i disse nervefibre ikke registreres i musklerne. Det er muligt at lokalisere cutane smerter med stor præcision, hvorimod muskelsmerter kan være vanskelige at lokalisere. Den store præcision hvormed et smertestimuli kan registreres på huden er nødvendig i forhold til at kunne undgå yderligere smerter og skade. Cutane smerter er således tæt forbundet med motoriske reflekser og voluntære bevægelser. Reaktionen på muskelsmerter er typisk beskyttelse eller immobilisering af den smertende muskel. (14)

En mulig årsag til den differentierede evne til at lokalisere smertestimuliet er, at antallet og tætheden af nerveinnervation i muskler er mindre end i huden. Dog er innervationstætheden stor nok til at muskler fungerer som at sanseorgan.(9,14)

Ud over innervationstætheden betyder graden af konvergens i CNS en rolle i evnen til at lokalisere smerter. En stor præcision kræver en stor innervationstæthed sammen med en lille konvergens.(14)

Tabel 3 giver en oversigt over de subjektive og objektive forskelle på muskelsmerter og cutane smerter.

Subjektive og objektive forskelle på muskelsmerter og cutane smerter		
	Muskel smerter	Cutane smerter
Subjektive	Ingen første og anden smerte ved elektrisk stimulering. Svære at lokalisere. Rivende, krampende eller pressende karakter. Stærk tendens til referret smerte. Svære at tolerere, stor affektiv komponent.	Første og anden smerte ved elektrisk stimulering. Nemme at lokalisere. Stikkende, brændende eller skærende karakter. Ingen referret smerte. Nemmere at tolerere, lille affektiv komponent.
Objektive	Ingen fleksions refleks når musklen bliver stimuleret. Svag synaptisk kontakt af ikke-myeliniseret afferente neuroner med dorsal horn neuroner. Supraspinal behandling af muskel nociception sker primært i mesencephalon, stærk projektion til anterior cingulate gyrus. Stor effekt på det nedadgående antinociceptive system på nociception fra muskler.	Markeret fleksions refleks når huden bliver stimuleret. Stærk synaptisk kontakt af ikke-myeliniseret afferente neuroner med dorsal horn neuroner. Supraspinal behandling af cutan nociception sker primært i thalamus, svag projektion til anterior cingulate gyrus. Svag effekt på det nedadgående antinociceptive system på nociception fra huden.

Tabel 3: Subjektive og objektive forskel på muskelsmerter og cutane smerter. Frit efter Mense et al.(14)

1.5 Myofascielt smertesyndrom/Trigger punkt

Muskelsmerter kan enten være lokaliserede til enkelte muskler eller generaliserede til mange muskler. De diagnostiske overvejelser, såvel som behandlingsmulighederne er forskellig og afhænger derfor af evnen til at kunne udføre en præcis undersøgelse.

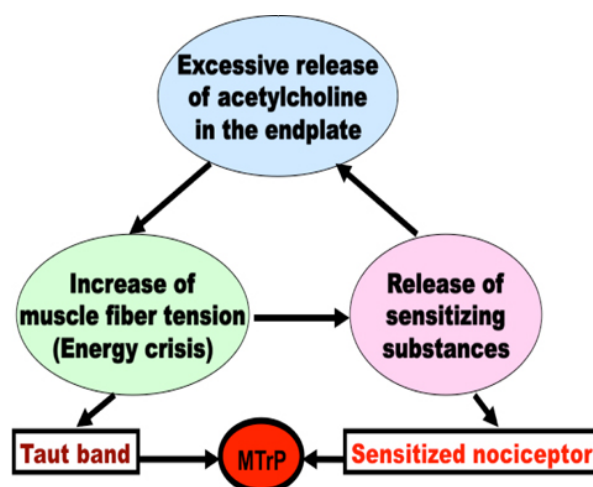
En hyppigt forekommende årsag til lokal muskelsmerte er myofascielt smertesyndrom. Det myofascielle smertesyndrom er defineret som *”en lokaliseret muskelsmerte, der er ledsaget af en bestemt meddelt smerte til en anden region”*.(12) Derudover er syndromet karakteriseret ved tilstedeværelse af myofascielle trigger punkter (TrPs) og er en af de mest oversete og ignorerede årsager til muskelsmerter. Et stort problem er at TrPs kan være til stede uden andet forekommende problem, men også være opstået på baggrund af sygdom som for eksempel systemiske lidelser. Smerter fremkaldt af trigger punkter udgør en adskilt eller selvstændig årsag til smerter, der kan bidrage til og/eller forværre enden sygdom.

Den mest accepterede definition på et trigger punkt er: *"et overfølsomt punkt i et stramt bånd i en skeletmuskel, som er smertefølsomt ved kompression, stræk, overbelastning eller kontraktion af vævet, som responderer med en refereret smerte"*.(15)

Trigger punkter kan klassificeres som aktive og latente punkter. Aktive TrPs er karakteriseret ved tilstedeværelse af klinisk smerte og konstant ømhed, og et aktivt TrP forhindrer at musklen kan strækkes fuldt samt kan også medføre en svækkelse af musklens kraft. Ved stimulering kan aktive TrPs udløse genkendelig smerte. Latente TrPs kan ved stimulering udløse samme smertemønster som aktive TrPs, men forekommer uden tilstedeværelse af klinisk smerte.(15–17) Latente TrPs kan ved for eksempel overbelastning ændre karakter og blive et aktivt TrPs. Aktive TrPs genererer et større område med refereret smerte og med en højere smerteintensitet end latente TrPs.(15) Både aktive og latente TrPs kan fremkalde motoriske dysfunktioner som svaghed i musklen, inhibering, spasmer, ubalance og ændret rekruttering af musklerne. Både aktive og latente TrPs kan fremkalde "jump sign" ved palpation, som er et ryk i musklen udløst af smerte.(15,18)

Trigger punkterne er lokaliseret i diskrete bånd af kontrakte muskelfibre, som føles som spændte strenge inde i muskelbugen. Disse *"taut bands"* opstår på baggrund af stigende endogen kontraktur i et antal muskelfibre uafhængig af EMG aktivitet.(15) Trigger punkter bliver normalt identificeret ved hjælp af manuel palpation, hvor der er vist en stor reliabilitet.(6,19) Endvidere kan de verificeres med intramuskulær EMG eller ultralydsscanning. (18)

Mekanismerne bag dannelsen af TrPs er endnu ikke fuldt afdækket.(15) Dog er der bred enighed om at muskel overbelastning, ensidigt gentaget arbejde, psykisk stress og andre TrPs kan medføre TrPs.(6,20) Simons har opstillet følgende hypotese: *"Integrated Hypothesis of Trigger Point Formation"* for at forklare dannelsen af TrPs, se figur 2. Han fremfører, at en dysfunktionel motorisk nerve terminal frigiver for meget acetylcholine, som



Figur 2: Illustration af Simon's Integrated hypothesis.(47)

forårsager vedvarende lokal muskelkontraktion ved nervens endeplade. Muskelkontraktionen nedsætter den lokale karforsyning og der opstår lokal iskæmi og hypoksi, medførende lokal manglende energi. Dette påvirker calcium pumpens evne til at pumpe overskydende calcium ud af muskelcellen. Konsekvensen af dette, er at der bliver frigivet og ophobet nociceptive og neuroaktive substanser som sensitiverer de sensoriske og autonome nervefibre i området.(17,20)

Stimulering af TrPs fremkalder muskel-referret smerter. Referret smerter opstår på spinal niveau i dorsal hornene og er resultatet af aktiveringen af slumrende axonale forbindelser mellem effektive nerve fibre af dorsal horn neuroner, som er aktiverede af central sensibiliseringsmekanismer.(14,15)

Den referrede smerte opstår inden for kort tid efter mekanisk stimulering af et TrP, hvilket indikerer at induktionen af neuroplastiske forandringer relateret til referret smerte er en hurtig proces. Kuan et al.(21) har vist, at TrPs er mere effektive til at inducere neuroplastiske forandringer i dorsal horn neuroner end områder uden TrPs. De anser muskel-referret smerter som værende en proces af central sensibilisering, som viser sig som perifer sensibilisering og er faciliteret af både sympatisk aktivitet og dysfunktionel nedadgående inhibering.(15,21)

Selv om latente TrPs ikke udløser spontane smerter, sender disse ligeledes nociceptive signaler ind til dorsal horn neuronerne.(15)

Smerter fra aktive TrPs bliver delvist behandlet på supraspinalt niveau. Stimulering af TrPs inducerer øget somatosensorisk aktivitet i forskellige områder af hjernen, inklusiv det primære og sekundære sensoriske cortex, insula og det limbiske system. Der er således evidens for at TrPs kan inducere central sensibilisering, og at sensibiliserings mekanismer også kan skabe TrP aktivitet.(15)

1.6 Referret smerte

Den specifikke neurobiologiske mekanisme der ligger til grund for referret smerte er stadig relativt ukendt. Det er formentligt en central mekanisme, da referret smerte kan provokeres i områder som er bedøvet ved hjælp af en regional komplet bedøvelse.(22)

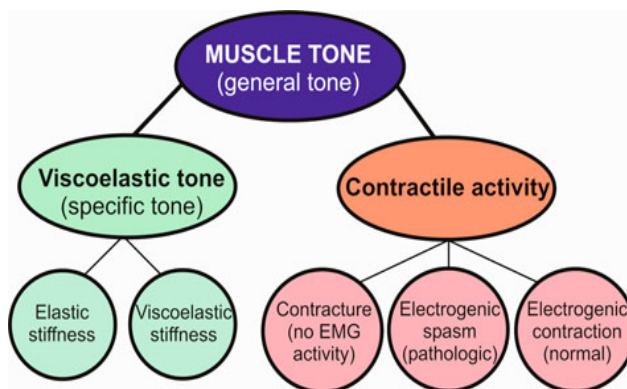
Refererede smerter defineres ofte som en smerte/følelse udenfor og væk fra området med vævsskade og lokal smerte. Smerten kan være tilstede sammen med en lokal smerte eller være der alene. Ofte er den refererede smerte ikke sammenhængende med området med vævsskaden. Derudover kan den refererede smerte være suppleret med symptomer som for eksempel følelsesløshed, kulde/varme, stivhed, nedsat kraft/udtrætning eller snurren.(15)

Refereret smerte bliver ofte beskrevet som udstrålende til flere områder, og en given muskel har et relativt ens mønster af smerteudbredelse. Dermed kan det være muligt at identificere hvilken muskel, der er årsag til smerterne, hvis smertemønsteret er kendt.(17)

Refererede smerter er ofte, men ikke altid, segmentære, og fremkommer i det myotom, der er innerveret af sammen nerve eller fra tilstødende segment som kilden til smerten.(15)

1.7 Muskeltonus

Muskeltonus er et udtryk for musklens stivhed, og kan klinisk beskrives som den modstand, der er i en muskel mod passiv bevægelse. Muskeltonus kan opdeles i to elementer. Den viscoelastiske tonus, som i praksis omtales hviletonus, og de kontraktile aktiviteter. Opdelingen af de to elementer er illustreret i figur 3.(13,14)



Figur 3: Illustration over de elementer der indgår i beskrivelsen af muskeltonus. (14)

Den viscoelastiske tonus indeholder to komponenter, elastisk stivhed og viscoelastisk stivhed, hvor stivhed repræsenterer den modstand, der er i vævet mod en ændring i formen. Den elastiske stivhed er den distance en muskel passivt kan bevæges, ved passivt at udstrække leddet langsomt, således der undgås voluntær bevægelse i musklen. Den viscoelastiske stivhed er den stivhed, der opstår i en muskel som følge af den hastighed hvormed bevægelsen udføres. I klinisk praksis den oplevede modstand imod en hurtig passiv forlængelse af musklen.(13,14)

Den kontraktile aktivitet kan opdeles i tre mekanismer: *Muskelkontraktioner*, *muskelspasmer* og *muskelkontrakturer*.

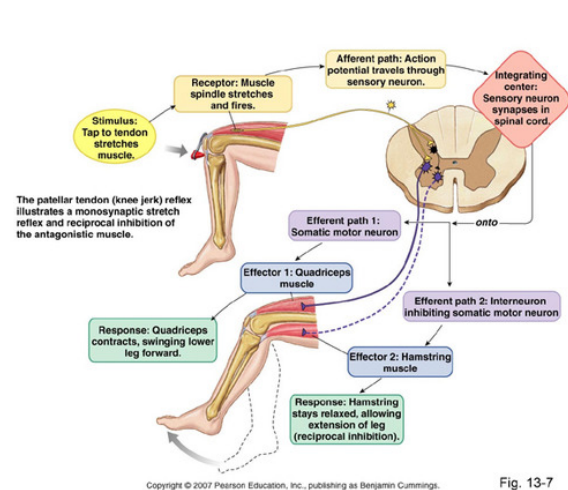
Muskelkontraktioner er den normale muskelaktivitet og kan være voluntær eller ikke-voluntær. Muskelkontraktioner kan måles ved hjælp af EMG eftersom der er aktivitet i α -neuronerne. *Muskelspasmer* er ufrivillige og patologiske, og kan udløses af tilstande, der fremkalder reflektoriske muskelkontraktioner. Muskelspasmerne formodes at hænge sammen med kroniske muskelsmerter og kan ligeledes måles ved EMG. *Muskelkontrakturer* er patologiske tilstande i muskler, hvor der er sket en forkortelse af actin og myosin. Muskelkontrakturer indeholder ingen aktivitet, og kan derfor ikke måles ved EMG.(13,14)

Den viscoelastiske tonus kan eksisterer uden kontraktile aktiviteter, men den kontraktile aktivitet kan ikke være tilstede uden den viscoelastiske tonus, eftersom alle aktive bevægelser er under indflydelse af de viscoelastiske egenskaber i musklen.(13,14)

1.8 Ændring af muskeltonus

Muskeltonus kan være normal, nedsat eller øget, hvor nedsat tonus klinisk betegnes hypotoni og øget tonus hypertoni.(13,14)

Ændringer i muskeltonus sker ved en ændret aktivitet i de α -motoriske nerveceller som følge af hæmmende eller fremmende impulser. Når en sansecelle registrerer et sanseindtryk, sendes der impulser via de sensoriske nervefibre gennem medulla spinalis til formatio reticularis. Formatio reticularis fungerer som hjernens aktiveringssystem og herfra sendes hæmmende og fremmende impulser via α -neuroner og γ -neuroner til musklerne. Muskeltonus kan derved ændres, og det er balancen mellem hæmmende og fremmende impulser, der afgør niveauet af muskeltonus. Tonus ændringer kan ligeledes være reflektorisk betinget når disse foregår ikke-voluntært. Dette benævnes refleksbuen, som er illustreret ved patellarrefleksbuen i figur 4.(13,23)



Figur 4: Illustration af patellarrefleksbuen. (48)

Refleksen kan være spinalt eller cerebralt betinget, ud fra placeringen af reflekscentret. Reflekscentret bearbejder impulserne fra de sensoriske neuroner, og sender herefter besked gennem de motoriske neuroner til effektorerne, som i dette tilfælde er muskelfibre.(13,14,23)

Den primære sansecelle, som påvirker muskeltonus, er muskeltenen. Når muskelen strækkes, udspændes muskeltenen og der sendes impulser via de sensoriske neuroner til medulla spinalis. Her dannes der synapser mellem de sensoriske neuroner og de motoriske α -neuroner. Aktiveringen af disse neuroner medfører en hurtig sammentrækning af musklen, hvorved muskeltonus øges.(13,14,23)

I tillæg til dette er muskeltene innerveret af de motoriske γ -neuroner. De motoriske γ -neuroner styres fra formatio reticularis og giver muskeltene en øget sensitivitet over for stræk. Gamma-neuroner kan påvirkes af forskellige forhold som er vist i tabel 4.(13,14,24)

Forhold som påvirker gammaaktiviteten	
Øgning af tonus	Mindskning af tonus
Stor γ -aktivitet: Ophidselse Støj og høj musik Kraftigt lys Kulde Arytmiske påvirkninger	Lille γ -aktivitet: Ro Dæmpet lys, lukkede øjne Varme Rytmske påvirkninger
Hurtig udspænding af musklen	Langsom udspænding af musklen
Bevidst aktivering/facilitering	Bevidst afslapning/inhibering

Tabel 4: Oversigt over forhold som kan øge eller mindske muskeltonus. (23)

Johansson & Sojka undersøgte, i et studie fra 1991, patofysiologien i kroniske muskuloskeletale smertesyndromer. Her finder de, at motoriske γ -neuroner har højere følsomhed over for impulser fra både muskeltene og nociceptorer, og at selv svage stimuli kan medføre aktivering.(13,25)

Studiet beskriver en model med to "positive" feedback systemer: Det *første* system består af, at en øgning i muskeltonus kan skabe en potentiel ond cirkel, da den øgede spænding i musklen kan frigive metabolitter, som kan registreres af nociceptorerne. Det *andet* positive feedback system udløses på baggrund af stimulering af muskeltene. Denne stimulering medfører aktivitet i de motoriske γ -neuroner, der leder til musklen, men også til sekundære muskler. Dette bevirker en øget spænding af den primære såvel som den sekundære muskel, som påvirker muskeltenen yderligere. Herved er der en potentiel risiko for positiv feedback.(13,25,26)

De positive feedback systemer menes at spille en vigtig rolle i udviklingen af en patologisk mekanisme, som kan resultere i kroniske muskelsmerter.(13,25,26)

Ifølge modellen udløser muskelkontraktioner metabolitter, som stimulerer gruppe III og IV afferente neuroner. Disse neuroner aktiverer derefter γ -motorneuronerne som innerverer muskeltenen. Derved påvirkes muskeltenens stræk-sensitivitet, og udløser aktivitet i primære (Ia) og sekundære (II) muskeltene afferente nervefibre. Forøget aktivitet i muskeltenen kan således medføre øget aktivitet i α -motorneuronerne, øget muskelstivhed/tonus. Dette kan bevirke at der bliver udløst flere metabolitter med øget muskelstivhed til følge. Dermed er der sat gang i et "positivt" feedback system.(25,27)

Skematisk oversigt over de forskellige typer nervefibre kan ses i tabel 5.

Gruppering af nervefibertyper		
Nervefibertype	Gruppe	Funktion
Sensoriske nervefibre	I	Primær muskelten. Hovedopgave er aktivering af den primære muskel. Den danner synapse med α -neuronet i medulla spinalis.
	II	Sekundær muskelten. Aktiverer både den primære og sekundære muskel.
	III	Nociceptorer, termoreceptorer og mekanoreceptorer
	IV	Nociceptorer, termoreceptorer og mekanoreceptorer.
Motoriske nervefibre	α -neuron	Motorisk neuron til tværstribet muskel. Kan aktiveres af muskeltene.
	γ -neuron	Motorisk neuron til tværstribet muskel. Kan aktiveres af muskeltene og nociceptorer.

Tabel 5: Oversigt over nervefibertyper, deres gruppering og deres funktion. Inspireret af Mense, S., 2010.

1.9 Opsummering og den kliniske relevans

Smerter i nakke-/skulderregionen og i overekstremiteten forekommer hos op til 30% af befolkningen. Behandling af skuldersmerter er ikke altid lige effektiv, hvilket formentligt skyldes, at årsagen til smerterne er multifaktorielle og at vedvarende brug af armen i rehabiliteringsperioden forhindrer vævsheling.(28) Dette betyder, at det er væsentligt at identificere og behandle alle potentielle årsager til skuldersmerterne for at opnå en blivende effekt. Årsagerne kan være både biomekaniske og anatomiske, men også aktivitetsbestemte og kan være svære at lokalisere. Sensoriske symptomer og påvirket muskelstyrke og reflekser kan skyldes neurologiske lidelser. Men påvirket muskelstyrke kan ligeledes skyldes lidelser i muskler og sener. Smerterne kan ligeledes udstråle fra nakken og ned i armen eller fra hånden op i armen.(29)

En vigtig og problematisk årsag til smerter er refereret smerte, som er en klassisk karakteristik af både eksperimentel og klinisk muskuloskeletal smerte.(19,30–32) Smerte, som opleves ved siden af eller et stykke væk fra det udløsende område, er defineret som refereret smerte og er typisk beskrevet som en dyb smerte og bruges som et diagnostisk redskab i klinikken.

Aktivering af sensitive områder/trigger-punkter i en muskel vil føre til en smerteoplevelse i andre regioner; som oftest distalt for punktet ud i ekstremiteterne. Dette er tidligere blevet kortlagt og beskrevet.(17) En del eksempler på smerteudstråling fra trigger-punkter er beskrevet af Simons & Travell. Smertemønstrene er især reproducerbare for overekstremiteterne og er derfor en del af

de effektmål, som anvendes ved kliniske undersøgelser i dag. Palpation og smerteprovokation er en del af såvel undersøgelsen som behandlingen af diverse lidelser i overekstremiteterne og nakke/skulderområdet og bruges i differentialdiagnostisk øjemed, dvs. til at hjælpe med at skelne mellem de forskellige årsager, der kan være til refererede smerter ud i armen (f.eks. rodtryk i nakke, apical cancer i lunge, thoracic outlet syndrom mm). Det er velbeskrevet, at myoser i m. infraspinatus i længere tid kan give gener i form af muskelspændinger i skulderens muskler, men man ved ikke, om generne kan tilskrives musklernes hårdhed eller noget andet. Vi ønsker derfor at undersøge der er en sammenhæng mellem udbredelsen af smerter i overekstremiteten og ændringer i muskeltonus efter provokation af refereret smerte.

2 Hypotese

2.1 Hypotese 1

Hypotese	
H0:	Der ses ikke en ændring i muskeltonus i infraspinatus, deltoideus og brachioradialis som følge af mekanisk stimulering af trigger punkt i infraspinatus
HA:	Der ses en ændring i muskeltonus i infraspinatus, deltoideus og brachioradialis som følge af mekanisk stimulering af trigger punkt i infraspinatus

2.2 Hypotese 2

Hypotese	
H0:	Der ses ikke en sammenhæng, mellem muskelsmerte og en udbredelse af smerter i overekstremiteten som følge af mekanisk stimulering af trigger punkt i infraspinatus
HA:	Der ses en sammenhæng, mellem muskelsmerte og en udbredelse af smerter i overekstremiteten som følge af mekanisk stimulering af trigger punkt i infraspinatus

3 Metode

3.1 Design

Dette forsøg benytter et within-subject repeated measures design, og vil blive udført i én session.

Forsøget vil blive udført på raske forsøgspersoner, og opbygges på følgende måde:

1. Screening af forsøgsdeltagerne for muskuloskeletale smerter
2. Bilateral måling af muskeltonus i relevante muskler i skulder, overarm og underarm
3. Manuel identificering af trigger punkt i infrapinatus og måling af PPT i dette punkt på den ene side
4. Manuel stimulering af det identificerede trigger punkt med suprathreshold stimuli, svarende til PPT plus 30% i 30 sekunder
5. Måling af muskeltonus i samme punkter som i trin 2.
6. Indtegning af smerteudbredelse ved hjælp af Navigate Pain

3.2 Rekruttering af forsøgsparticipanter

Forsøgsparticipanterne vil blive rekrutteret via opslag på Aalborg Universitet og på University College Nordjylland, på Facebook og på hjemmesiden for Fysio- og ergoterapien, Aalborg Universitetshospital.

3.3 In- og eksklusionskriterier

Nedenstående in- og eksklusionskriterier er opstillet for deltagelse (tabel 6 og 7). Der forbeholdes retten til at ekskludere forsøgspersoner, der ikke opfylder kriterierne. Dette gøres for at skabe så stor validitet og generaliserbarhed af resultaterne i forsøget som muligt. For at sikre, at deltagerne opfylder kriterierne, vil de blive screenet for muskuloskeletale smerte ved hjælp af spørgeskema. Se bilag 1.

Inklusionskriterier	
Kriterium	Specifikation
Alder over 18	Forsøgspersonerne skal være fyldt 18 år, for at være myndige og i stand til selv at tage beslutning om medvirken i undersøgelsen.
Mentalt habile	Forsøgspersoner kan forstå informationer om og konsekvenser ved deltagelse i forsøget.
Taler og forstår dansk	Forsøgspersonerne skal kunne tale og forstå dansk for at kunne forstå skriftlig og mundtlig information/instruktion.
Informeret samtykke	Alle forsøgspersoner skal skriftligt afgive et informeret samtykke til projektgruppen, for at sikre at forsøgspersonerne frivilligt afgiver de informationer der indsamles.

Tabel 6: Inklusionskriterier for deltagelse i forsøget.

Eksklusionskriterier	
Kriterium	Specifikation
Skuldersmerter inden for de sidste 6 måneder	Forsøgspersonerne må ikke have haft skuldersmerter inden for de sidste 6 måneder, da disse potentielt vil medføre en ændring af muskeltonus.
Ingen nuværende muskuloskeletale smerter	Forsøgspersonerne må ikke have muskuloskeletale smerter på forsøgstidspunktet, da dette potentielt vil medføre en ændring af muskeltonus, samt en ændring i udbredelsen af en refereret smerte.
Tidligere skulderoperation	Forsøgspersonerne må ikke have fået foretaget skulderoperation, da denne potentielt vil medføre en ændret biomekanik i skulderen, og dermed en ændret muskeltonus.
Tidligere neurologiske, muskuloskeletale eller psykiske sygdomme	Forsøgspersonerne må ikke have neurologiske, muskuloskeletale eller psykiske sygdomme, da disse
Graviditet	Forsøgspersonerne må ikke være gravide, da ændringer i hormonsammensætningen evnetuelt kan have indflydelse på muskeltonus.
Additiv eller tidligere additiv adfærd, defineret som misbrug af hash, opioder eller andre euforiserende stoffer	Forsøgspersonerne må ikke være eller have haft en additiv adfærd, da dette potentielt vil medføre en ændret smerteopfattelse.

Tabel 7: Eksklusionskriterier for udelukkelse for deltagelse i forsøget.

3.4 Ethiske overvejelser

Forsøget er blevet anmeldt til og godkendt af Videnskabsetisk komité, og efterlever Helsinki-deklarationen, sagsnummer: N-20160013. Forsøget er ligeledes blevet anmeldt til Datatilsynet, sagsnummer: 2016-69.

Før deltagelse i undersøgelsen fik patienterne udleveret et skriftligt informationsmateriale, og der blev indhentet skriftligt informeret samtykke, samt udleveret dokumentet *Forsøgspersoners rettigheder i et sundhedsvidenskabeligt forskningsprojekt*. Se bilag 2,3 og 4.

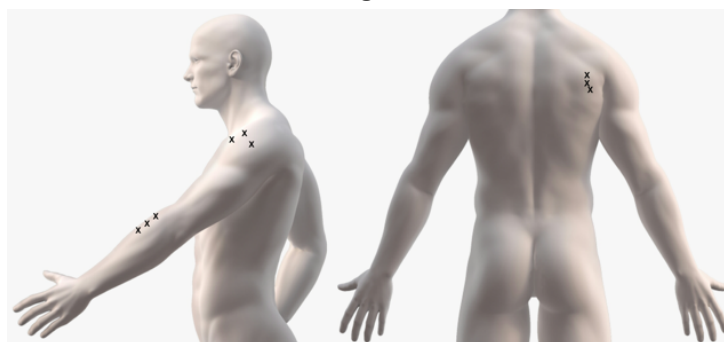
Ved indgåelse i forsøget skal patienterne afgive personlige oplysninger i form af køn, alder, vægt og højde, og eventuel sygdomshistorie. Deltagerne blev anonymiseret ved hjælp af tildeling af et ID-nummer, således at identificerbare oplysninger kunne holdes adskilt fra resultaterne. Alle

oplysninger blev opbevaret adskilt i forhold til datatilsynets krav om opbevaring af personfølsomme oplysninger.

3.5 Forsøgsprotokol

3.5.1 Målepunkter

Undersøgelsen blev foretaget med forsøgsdeltageren i siddende stilling med armene hvilende på låret. Indledningsvis blev målepunkter til måling af muskeltonus optegnet. Der blev målt i tre punkter i hver af musklerne infrapinatus, deltoideus og brachioradialis. Målepunkterne er illustreret på figur 5, og er valgt så de dækker bredt ud over muskelbugen af de tre muskler. Der blev udregnet et gennemsnit af de tre målinger i hver muskel til brug for analysen. Det blev ligeledes valgt, at lave bilaterale målinger, for at undersøge om der var en cross-over effekt til modsatte side af hvor trigger punktet blev stimuleret.



Figur 5: Illustration af placering af målepunkter i infrapinatus, deltoideus og brachioradialis.

3.5.2 Måling af muskeltonus

Muskeltonus i de 18 markerede målepunkter blev målt med MyotonPRO (Myoton AS, Tallinn, Estland), som er et evidensbaseret teknologisk måleredskab udviklet til forskningsbrug. Det kan bruges til objektiv måling af muskeltonus. MyotonPro er testet validt og reliabelt til at måle små forskelle i en muskels tilstand med stor præcision.(13,33–35)

MyotonPRO virker ved at påføre vævet non-invasive mekaniske impulser. Impulserne udsendes i form af en mekanisk kraft på 0,6N. Apparatet blev programmeret til at foretage fem gentagelser af impulserne i hvert målepunkt. Hver impuls har en varighed på 15 millisekunder med 70 millisekunders pause mellem impulserne. MyotonPRO udregner gennemsnittet af de fem gentagelser. Såfremt de fem målinger varierer med mere end 3%, skal målingen tages om.(13,35)

MyotonPRO beregner fem forskellige parametre for muskeltonus: Naturlig oscillationsfrekvens (Hz), logaritmisk dæmpning af naturlige svingninger (der karakteriserer elasticiteten), dynamisk stivhed (N/m), forholdet mellem deformations- og afslapningstid (karakteriseret ved *creep* (Deborahs nummer)) og mekanisk stressreaktionstid (ms).(13,35) I denne rapport bruges dog kun de tre første parametre, da det er disse parametre, der typisk bruges i den publicerede litteratur.(33,36,37) MyotonPRO er CE-mærket.

Den naturlige oscillationsfrekvens er en indikation af muskeltonus i hvile. Ændring i frekvensen er en følsom og præcis metode til at måle om der er ændring i musklens stivhed. En stigning i den naturlige oscillationsfrekvens er udtryk for øget muskeltonus.(13,35)

Den logaritmiske dæmpning af de naturlige svingninger, er en indikation af elasticiteten i musklen. Elasticiteten karakteriserer musklens evne til at genvinde udgangsstillingen efter en kontraktion eller ekstern påvirkning. Værdien 0 repræsenterer den absolutte elasticitet, hvor der ingen dæmpning er, i de naturlige svingninger. Et fald i den logaritmiske dæmpning er udtryk for øget muskeltonus.(13,35)

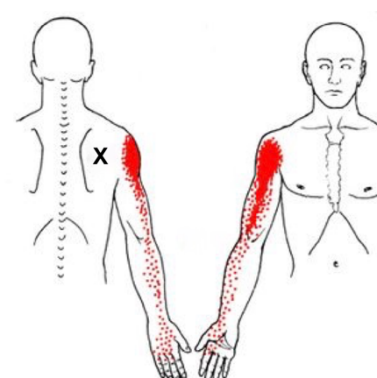
Den dynamiske stivhed karakteriserer musklens modstand mod en kontraktion eller en ekstern påvirkning. Jo større stivhed der er i en antagonist, jo større kraft skal agonisten udvikle før der sker en bevægelse. Det modsatte af stivhed er compliance. En stigning i den dynamiske stivheder udtryk for øget muskeltonus.(13,35)

Den mekaniske stress relaxationstid er den tid en muskel bruger på at genvinde udgangsstillingen efter en kontraktion eller ekstern påvirkning. Et fald i den mekaniske stress relaxationstid er udtryk for øget muskeltonus.(13,35)

Deborahs number er et udtryk for den gradvise forlængelse af en muskel over tid, når den udsættes for et konstant stræk. Det er en beregnet værdi af ratioen imellem den mekaniske stress relaxationstid og den tid det tager at opnå maksimal deformation i musklen som følge af en ekstern påvirkning. Et fald i Deborahs number er udtryk for øget muskeltonus.(13,35)

3.5.3 Identificering af stimuleringspunkt i infraspinatus

Der blev manuelt identificeret et trigger punkt i infraspinatus svarende til muskelbugen midt på fossa infraspinata på scapula. Dette trigger punkt kan give refereret smerter ud i deltoideus, biceps brachii, brachioradialis og ud i hånden. Der blev valgt et trigger punkt i infraspinatus, da disse typisk har en refereret smerte til et adskilt område uden for det primære smerteområde. Desuden er terapeutisk undersøgelse og behandling af trigger punkter i infraspinatus standard ved en lang række lidelser i nakke/skulderregionen og i overekstremiteterne. Se figur 6 for illustration af mulig smerteudbredelse.(17)



Figur 6: Illustration af det område i infraspinatus, hvor der palperes for trigger punkt, samt den forventede refereret smerte fra dette punkt.(17)

3.5.4 Tryksmertetærsklen (PPT)

PPT i trigger punktet i infraspinatus blev målt med et håndholdt trykalgometer med en 1cm² probe (dækket af en engangslatexbeskyttelseshætte). PPT blev defineret over for forsøgspersonen som det tidspunkt, hvor oplevelsen af trykket når VAS 3 på en skala fra 0-01. Trykket blev gradvist øget med 30 kPa/s, indtil VAS 3 nås og forsøgspersonen verbalt markerede dette. Målingen blev gentaget tre gange, og gennemsnittet af målingerne blev brugt til at bestemme med hvilken kraft, der skulle stimuleres.

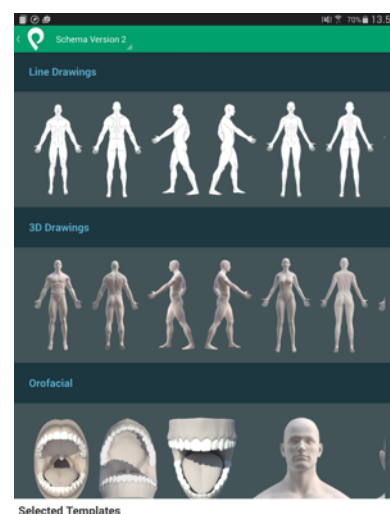
3.5.5 Mekanisk stimulering

En standardiseret, mekanisk stimulering af trigger punkt i infraspinatus blev brugt med henblik på at fremkalde refereret smerte i armen. Der blev anvendt et suprathreshold stimuli, og trykket blev standardiseret ved hjælp af et håndholdt trykalgometer. Der stimuleres med et tryk, der ligger 30% over den fundne VAS 3 PPT. Dette sikrer, at risiko for vævsskade er minimal. For at efterligne standard praksis varer trykket 30 sekunder.(38)

3.5.6 Smerteindtegnning

Smerteindtegnning vil blive foretaget i Navigate Pain, som er en touch-screen baseret applikation til en Android-tablet. Udviklingen af Navigate Pain er foregået i et forskningsmiljø på Aalborg Universitet, og er udsprunget af et behov for et redskab til at kunne visualisere og dokumentere patienters smerter på. Navigate Pain er udviklet i forbindelse med "state-of-the-art research".

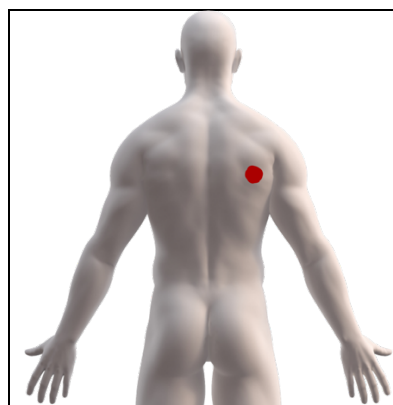
I Navigate Pain har man mulighed for at vælge enten 2D- eller 3D-figurer, hvorpå man kan indtegne sine smerter på. Se figur 7. Endvidere blev der indtastet en VAS-score til smertetegningen.



Figur 7: Screen dump fra Navigate Pain der viser hvilke figurer det er muligt at indtegne smerter på.

3.6 Opgørelse af smerteudbredelse

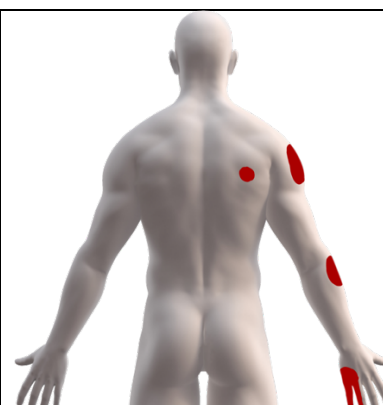
Smertearealet opgøres i antallet af farvede pixels i procent af maximale pixel på smertetegningerne indtegnet i Navigate Pain. Der bruges tegninger set frontalt og dorsalt fra. Smerteudbredelsen opgøres i om det indtegnede smerteareal er en lokal smerte (figur 8a), om den er referret med sammenhængen med den lokale smerte (figur 8b) eller om den er referret uden sammenhængende med den lokale smerte (figur 8c).



Figur 8a: Lokal smerte.



Figur 8b: Referret og sammenhængende smerte.



Figur 8c: Referret og ikke sammenhængende smerte.

Figur 8: Illustration af klassificeringen af den referrede smerte i lokal smerte, sammenhængen med lokal smerte eller uden sammenhæng med den lokale smerte.

Lokal smerte (figur 8a) defineres som en afgrænset smerte, der har centrum i det punkt hvori der sker en stimulation. Smerte, der er sammenhængende med den lokale smerte (figur 8b), defineres som en smerte der dels har centrum i det punkt hvori der sker en stimulation, dels har en smerteudbredelse væk fra centrum og som stadig er sammenhængende med den lokale smerte. Smerte, der ikke er sammenhængende med den lokale smerte (figur 8c), defineres som en smerte der findes væk fra den lokale smerte uden at hænge sammen med den lokale smerte. Smerterne defineres som ikke sammenhængende hvis bare der er ét smerteområde der ikke hænger sammen med centrum.(22) Opgørelsen blev foretaget af to personer uafhængig af hinanden, resultaterne blev sammenlignet og ved uoverensstemmelse blev tvivlsspørgsmål afklaret af en uvildig tredje person.

3.7 Statistik

Til den statistiske analyse er softwareprogrammet SPSS Statistics version 23 anvendt.

Data for muskeltonus, PPT og smerteareal er overvejende testet normalfordelt ved hjælp af Kolmogorov-Smirnov test for normalitet, og derfor anses alle disse data for normalfordelte. Data for VAS er testet ikke normalfordelt.

Til test for om der er en signifikant forskel før og efter suprathreshold stimulering anvendes der en parret t-test.

Der testes for korrelation mellem procentvis ændring i muskeltonus og smerteareal i procent farvede pixel af total antal pixels. Korrelationsberegninger for normalfordelt data er udført som Spearman's Correlation og for ikke normalfordelte som Pearson's Correlation.

Til alle statistiske tests anvendes et signifikansniveau på $p < 0,05$ og data er præsenteret som $\text{mean} \pm \text{SD}$.

Styrkeberegningen bygger på variabiliteten i smerteudbredelse. Et estimat på gruppestørrelsen, efter at median split på muskelhårdhed er blevet lavet, bygger på 20% forskel i effektmål med type I og type II fejl på hhv. 5% og 20% og en varianskoeficient på 25%. Dette kræver 40 raske deltagere i forsøget.

4 Resultat

4.1 Demografi

40 personer er rekrutteret til og har gennemført forsøget, 21 kvinder og 19 mænd.

Baseline oplysninger og demografisk data på forsøgsparticipanterne fremgår af tabel 8.

Udover demografiske data, er mængden af ugentlig motion med moderat til hård intensitet registreret, samt en opgørelse af hvor stor en del af deres arbejdsdag forsøgsparticipanterne bruger på skærmarbejde.

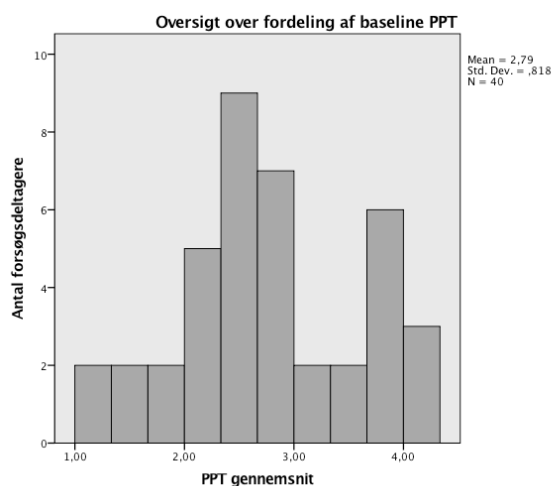
Baggrundoplysninger for forsøgspersonerne i forsøget (n=10)				
Køn				
	Mænd	Kvinder		
Antal	n=19	n=21		
Procent	47,5%	52,5%		
Demografi				
	Alder (år)	Højde (cm)	Vægt (kg)	BMI
Gennemsnit (± SD)	31,25 (± 7,84)	175,53 (± 9,67)	74,83 (± 13,03)	24,14 (± 2,64)
Minimum	21	160	50	18,82
Maksimum	52	195	106	29,74
Dominerende side		Stimuleringsside		
Højre	Venstre	Dominerende side	Ikke-dominerende side	
n=38	n=2	n=20	n=20	
95%	5%	50%	50%	
Regelmæssig deltagelse i sport				
	0 gange om ugen	1-2 gange om ugen	3-4 gange om ugen	>4 gange om ugen
Antal	n=11	n=6	n=17	n=6
Procent	27,5%	15%	42,5%	15%
Andel af daglig arbejdstid med skærmarbejde				
	<20%	20-40%	40-60%	>60%
Antal	n=0	n=7	n=17	n=16
Procent	0%	17,5%	42,5%	40%

Tabel 8: Oversigt over forsøgsparticipanternes demografiske oplysninger, deltagelse i regelmæssig sport, andel af skærmarbejde og stimuleringside.

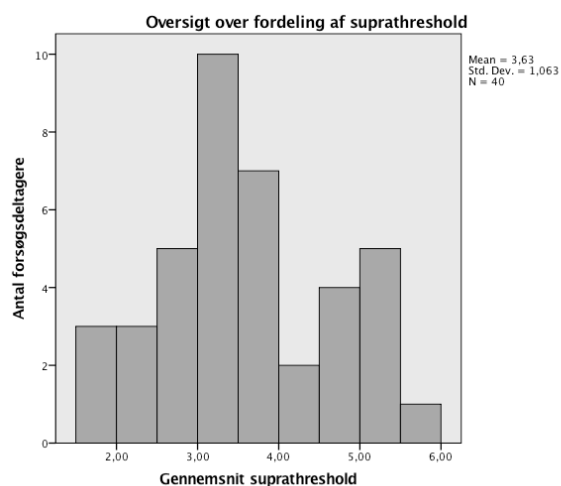
38 personer er højrehåndede og to er venstrehåndede. 20 personer er stimuleret på dominerende side, og 20 personer er stimuleret på ikke-dominerende side.

4.2 Suprathreshold stimulering

Det var muligt at palpere et latent trigger punkt i infraspinatus hos alle forsøgspartagerne. Den gennemsnitlige tryksmertetærskel (PPT) med en opnået VAS 3 var 2.8kg (± 0.8)(figur 9), hvilket har givet har givet en gennemsnitlig suprathreshold stimuleringsværdi på 3.6kg (± 1.1)(figur 10).



Figur 9: Fordeling af gennemsnitlige VAS 3 PPT i palperet trigger punkt i infraspinatus.

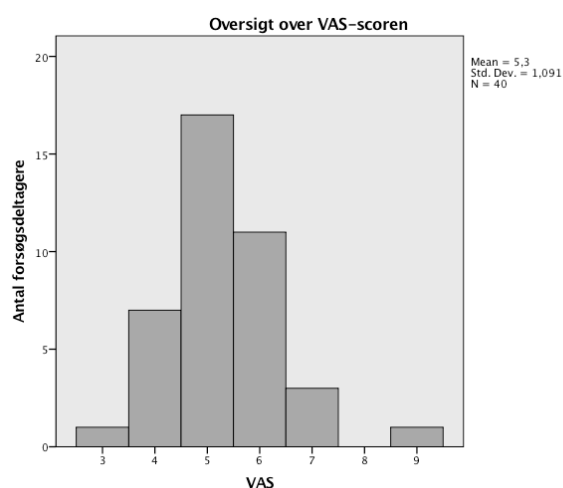


Figur 10: Fordeling af suprathreshold stimulering.

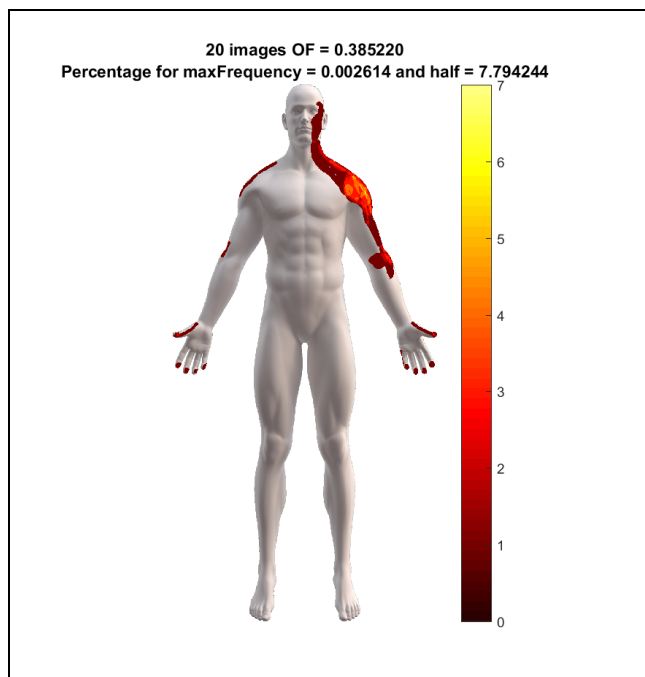
4.3 Smerteudbredelse og intensitet

Forsøgspartagerne opnåede en gennemsnitlig maksimal smerte på VAS 5.3 (± 1.2) med en minimum på 3 og maksimum på 9, se figur 11.

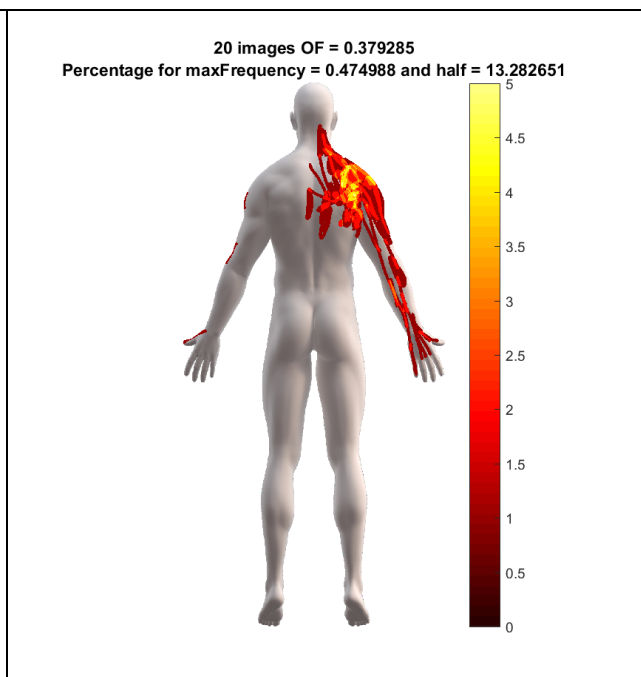
Udbredelsen af smerterne kan ses på figurerne 12a til 12d, hvor det den enkelte forsøgsperson har mærket som følge af stimuleringen er indtegnet. Smerterne er opdelt i mænd og kvinder hver for sig, og vises frontalt og dorsalt fra.



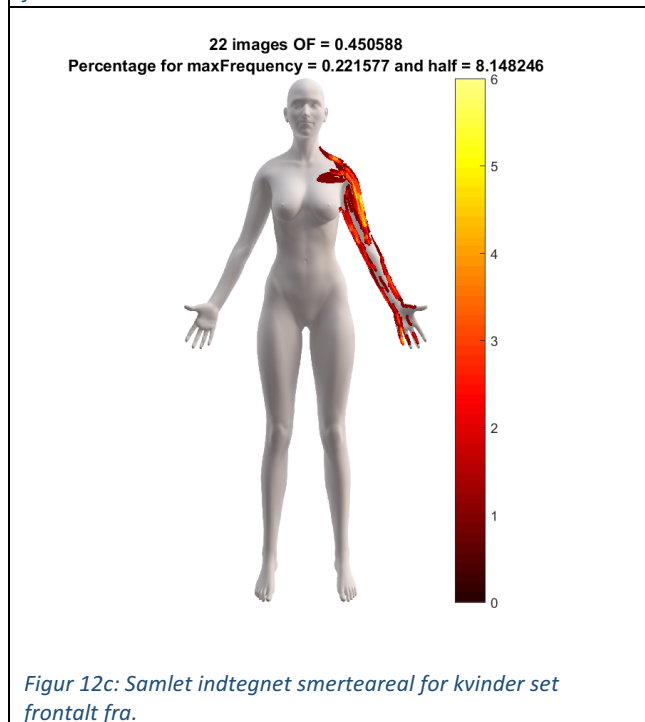
Figur 11: Oversigt over fordelingen af maksimal opnået VAS under stimulering af trigger punkt i infraspinatus.



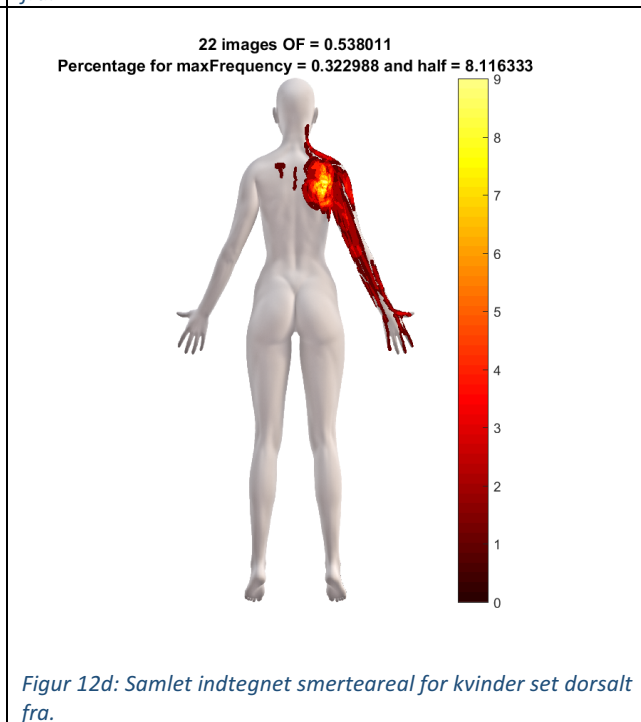
Figur 12a: Samlet indtegnet smerteareal for mænd set frontalt fra.



Figur 12b: Samlet indtegnet smerteareal for mænd set dorsalt fra.



Figur 12c: Samlet indtegnet smerteareal for kvinder set frontalt fra.



Figur 12d: Samlet indtegnet smerteareal for kvinder set dorsalt fra.

Figur 12: Illustration over samlet indtegnet smerteareal for mænd og kvinder. Jo lysere farve, jo flere overløb er der i smerteindtegningerne.

Fire forsøgsparticipanter oplever kun lokal smerte. Syv forsøgsparticipanter oplever en refereret smerte, der er sammenhængende med den lokale smerte. Niogtyve forsøgsparticipanter oplever en refereret smerte, der adskilt fra den lokale smerte.

4.4 Opgørelse af resultater

4.4.1 Test for ændring i muskeltonus

Ved baseline målingen er der ingen signifikant sideforskel af muskeltonus i infraspinatus, deltoideus og brachioradialis på dominerende og ikke-dominerende side, se tabel 9 (parret t-test, $P>0,358$).

Baseline sideforskel i muskeltonus			
Muskel	Naturlig Oscillationsfrekvens (Hz)	Logaritmisk Dæmpning	Dynamisk Stivhed (N/m)
Infraspinatus	0,029 $\pm$ 0,902, $P=0,389$	-0,017 $\pm$ 0,090, $P=0,459$	0,375 $\pm$ 30,565, $P=0,939$
Deltoideus	0,091 $\pm$ 0,618, $P=0,358$	-0,004 $\pm$ 0,091, $P=0,780$	1,125 $\pm$ 13,824, $P=0,610$
Brachioradialis	-0,057 $\pm$ 1,246, $P=0,775$	-0,065 $\pm$ 0,129, $P=0,798$	-3,550 $\pm$ 47,562, $P=0,640$

Tabel 9: Baseline forskel i muskeltonus på dominerende og ikke-dominerende side.

Ved test for forskel i muskeltonus før og efter stimulering findes der en signifikant ændring i alle tre muskler på stimulerede side. I infraspinatus ses der en signifikant gennemsnitlig stigning i muskeltonus målt på parameteren Naturlig Oscillationsfrekvens. I deltoideus ses der en signifikant gennemsnitlig stigning i muskeltonus målt på parametrene Naturlig Oscillationsfrekvens og Logaritmisk dæmpning. I brachioradialis ses der en signifikant gennemsnitlig stigning i muskeltonus målt på parametrene Naturlig Oscillationsfrekvens og Dynamisk Stivhed. Se tabel 10 for de enkelte værdier for baseline og efter stimulering.

Værdier for muskeltonus ved baseline og efter suprathreshold stimulering						
Muskel	Naturlig Oscillationsfrekvens (Hz)		Logaritmisk Dæmpning		Dynamisk Stivhed (N/m)	
	Baseline	Efter stimulering	Baseline	Efter stimulering	Baseline	Efter stimulering
Infraspinatus	14,60 $\pm$ 1,503	14,92 $\pm$ 1,429 *	0,995 $\pm$ 0,176	0,980 $\pm$ 0,1657	268,6 $\pm$ 48,743	272,8 $\pm$ 46,807
Deltoideus	13,92 $\pm$ 0,988	14,12 $\pm$ 1,109 **	1,203 $\pm$ 0,192	1,181 $\pm$ 0,194 #	251,7 $\pm$ 28,578	253,9 $\pm$ 30,832
Brachioradialis	14,08 $\pm$ 1,182	14,32 $\pm$ 1,193 ##	1,069 $\pm$ 0,151	1,057 $\pm$ 0,149	239,1 $\pm$ 40,578	246,3 $\pm$ 42,230 ###

Tabel 10: Værdier for muskeltonus før og efter stimulering. Signifikante forskelle markeret som følgende; *0,312Hz ($\pm$ 0,412) ($t=4,796$, $P<0,0001$), **0,202Hz ($\pm$ 0,382) ($t=3,336$, $P<0,005$), #-0,021 ($\pm$ 0,065) ($t=-2,067$, $P<0,05$), ##0,233Hz ($\pm$ 0,463) ($t=3,175$, $P<0,005$), ###7,133N/m ($\pm$ 13,270) ($t=3,400$, $P<0,005$).

Den gennemsnitlige procentvise ændring fremgår af tabel 11.

Procentvise ændring i muskeltonus fra baseline til efter suprathreshold stimulering									
Muskel	Naturlig Oscillationsfrekvens (Hz)			Logaritmiske Dæmpning			Dynamiske Stivhed (N/m)		
	Mean	Minimum	Maximum	Mean	Minimum	Maximum	Mean	Minimum	Maximum
Infraspinatus	2,25% * ± 3,000	-2,33%	11,98%	-1,27% ±5,462	-15,86%	5,98%	1,84% ±5,509	-9,62%	14,66%
Deltoideus	1,43% * ±0,640	-2,51%	9,98%	-1,68% * ±5,208	-14,36%	9,67%	0,8% ±3,421	-5,95%	9,72%
Brachioradialis	1,71% * ±3,449	-2,58%	12,61%	-0,99% ±4,264	-11,89%	7,37%	3,08% * ±5,856	-6,23%	18,89%

Tabel 11: Oversigt over de gennemsnitlige procentvise ændringer i muskeltonus fra baseline til efter suprathreshold stimulering. * markerer der hvor forskellen er signifikant.

Ved test for forskel i muskeltonus før og efter stimulering på ikke-stimulerede side findes der ingen signifikant ændring i muskeltonus. $P > 0,227$ i alle tre parametre i de tre muskler.

4.4.2 Test for korrelationer

Der findes ingen signifikant korrelation mellem baseline PPT og muskeltonus i de tre muskler (Pearson, $P > 0,052$). Der findes ligeledes ingen sammenhæng mellem baseline PPT og procentvise ændring i muskeltonus før og efter stimulering på stimulerede side (Pearson, $P > 0,074$).

Der findes ingen signifikant korrelation mellem PPT og maksimale VAS under stimulering (Spearman, $P = 0,164$).

Der findes ingen signifikant korrelation mellem maksimale VAS under stimulering og procentvise ændring i muskeltonus (Spearman, $P > 0,70$).

Der findes ingen signifikant korrelation mellem PPT og smerteareal i procent farvede pixel af maximal antal pixel (Pearson, $P = 0,324$).

Ligeledes findes der ingen signifikant korrelation mellem maksimale VAS under stimulering og smerteareal i procent farvede pixel af maksimale antal pixel (Spearman, $P = 0,62$).

Endvidere findes der ingen signifikant korrelation mellem procentvise ændring i muskeltonus i de tre muskler (Pearson, $P > 0,271$).

4.4.3 Test for korrelationer af korrigeret data

Ni personer, fem mænd og fire kvinder, har ikke indtegnet en lokal smerte svarende til det punkt i infraspinatus hvori der er stimuleret. Når data fra disse ni forsøgsdeltagere ekskluderes fra dataopgørelsen findes stadig ingen signifikant korrelation imellem PPT og smerteareal i procent (Pearson, $P=0,223$) og imellem maximale VAS og smerteareal i procent (Spearman, $P=0,104$).

5 Diskussion

5.1 Opsummering af resultater

Formålet med dette studie var at undersøge om der kunne måles en ændring i muskeltonus i områder med referrede smerter som følge af mekanisk stimulering af et trigger punkt i infraspinatus. Samt om der var en sammenhæng mellem PPT, VAS under stimulering og ændringer i muskeltonus. På stimulerede side findes der en signifikant forskel i muskeltonus i infraspinatus, deltoideus og brachioradialis fra baseline til efter stimulering. Resultatet er en indikation på at eksisterer en sammenhæng mellem referret smerter og muskeltonus, om end der ikke er påvist en direkte sammenhæng i dette studie. Resultaterne i dette forsøg understøtter teorien om at øget aktivitet i dorsal hornene medfører dels referret smerter og øget aktiviteten i muskeltonen med øget muskeltonus til følge.

I det følgende vil der ud over en diskussion af selve resultatet af forsøget, sandsynliggøres, at det er den referrede smerte, der udløser ændringerne i muskeltonus.

5.2 Resultatdiskussion

5.2.1 Suprathreshold stimulering

Ingen af deltagerne i dette forsøg har aktuelle eller tidligere skuldersmerter. Ligeledes har de ingen andre aktuelle smerteproblematikker. Det er derfor rimelig at antage, at deltagernes indtegnede smerter, er referret smerter fra det stimulerede punkt i infraspinatus.

Det var muligt, hos samtlige forsøgsparticipanter, at palpere et trigger punkt i infraspinatus. Hos langt de fleste, var der tydeligt jump-sign ved palpationen. I dette studie, blev der til udregning af hvilken belastning, der skulle stimuleres med, brugt en PPT ved VAS 3. Gennemsnittet for PPT var 2.8kg (± 0.8). Denne PPT er mindre end de værdier tidligere studier har vist. Fischer(39) har fundet en standard værdi for PPT i infraspinatus på raske personer på henholdsvis 5.4kg (± 2.8) og 7.3kg

(± 2.8) for kvinder og mænd, og Ge et al.(40) har fundet en PPT på 3.2kg i latente trigger punkter i infraspinatus. Dette indikerer, at der har været stimuleret i latente trigger punkter.

Tidligere studier har vist af referret smerte nemt kan induceres ved hjælp af en kemisk stimulering, ofte ved hjælp af hypertont saltvand som injiceres i musklen.(22) Garcia et al.(38) har vist, at mekanisk stimulering af infraspinatus giver et sammenfaldende smertebillede af de refererede smerter som en kemisk stimulering. Potentielt ville en længerevarende og kraftigere mekanisk stimulering eller en kemiske stimulering have givet et mere entydigt resultat.(22) Fordelen ved en kemisk stimulering ville have været, at varigheden af den referrede smerte er 3-5 minutter(22), og dermed måske også en varighed af ændringen i muskeltonus i samme tidsrum. Fordelen ved en længerevarende og kraftigere mekanisk stimulering bliver beskrevet i afsnit 5.4.

En mulig forklaring på tilstedeværelsen af latente trigger punkter hos forsøgsparticipanterne, kan være den relativt høje grad af skærmarbejde hos deltagerne, hvor størstedelen (82,5%) af deltagerne sidder mere end 40% af deres arbejdsdag foran en computerskærm. Flere studier har vist at personer med høj andel af skærmarbejde, vist en høj tilstedeværelse af muskelømhed ved palpation af musklerne i nakke og skulder.(41,42)

5.2.2 Smerteudbredelse og intensitet

Som følge af den mekaniske stimulering opnåede forsøgsparticipanterne en gennemsnitlig maksimal smerte på VAS 5.3 (± 1.2) med en minimum på 3 og maksimum på 9. Denne smerteintensitet ligger dog lige i underkanten af hvad en tilsvarende kemiske stimuleret smerte ligger på.

Garcia et al.(38) har i et studie, hvor de sammenligner smertebilledet mellem kemisk (hypertont saltvand) stimulerede og mekanisk (suprathreshold) stimulerede smerter, vist en VAS på 6.0 (± 0.7) ved kemisk stimulering. De konkluderer dog samtidig, at der findes stor lighed imellem de to smertebilleder, og at mekanisk stimulering derfor er en klinisk relevant metode til fremkaldelse af referret smerter.

Når det samlede opnåede smertebillede hos alle forsøgsparticipanterne, illustreret i afsnit 4.3, sammenlignes med det forventede smertebillede, illustreret i afsnit 3.5.3, ses der en stor lighed.

Dette studie har ikke vist en korrelation mellem PPT og maksimale VAS, og mellem maksimale VAS og smerteudbredelse selv om disse sammenhænge tidligere er blevet påvist.(38,43) Dette kan muligvis skyldes den lavere opnåede maksimale VAS under stimuleringen.

Ved manuel gennemgang af smerteindtegningerne, er der fundet en manglende konsistens i de indtegnede. På trods af, at samtlige forsøgsparticipanter var sundhedsprofessionelle, enten studerende eller færdiguddannede, og dermed må formodes at have et indgående kendskab til kroppens anatomi, havde flere personer svært ved at lokalisere deres smerter og indtegne denne. Flere enten mangler den lokale smerte, eller også placerer de den uden for det stimulerede punkt. Dette kan have påvirket det samlede smerteareal negativt, i forhold til det reelle smerteareal, og dermed resultatet i negativ retning.

Som beskrevet i afsnit 1.6, opstår refereret smerter inden for kort tid efter stimulering selv om der kan være op til 20 sekunders forsinkelse derpå.(14,38,44) I dette studie blev der brugt en stimuleringsvarighed på 30 sekunder, hvilket potentielt kan have medført, at udviklingen af refererede smerter ikke nåede at udvikle sig fuldt ud, eller at der var for kort tid til at forsøgsparticipanterne kunne registrere og memorere samtlige symptomer. Selv om det samlede smertebillede stemmer godt overens med det teoretiske, dækker det over en stor variation i de enkelte smertebilleder, men kan ligeledes have påvirket det samlede smerteareal og resultatet af forsøget negativt. En længerevarende og kraftigere stimulering ville potentielt have påvirket resultaterne i mere entydig retning.

5.2.3 Ændring i muskeltonus

Der er i dette studie påvist en øget muskeltonus i såvel infraspinatus, som i deltoideus og brachioradialis målt før og efter stimulering af trigger punkt i infraspinatus. Der er valgt, at undersøge muskeltonus målt på de tre parametre: Naturlig Oscillationsfrekvens, Logaritmisk Dæmpning og Dynamisk Stivhed, som er de tre parametre, der bruges i den tilgængelige litteratur.(33,36,37) Stigningen i muskeltonus er ikke signifikant på alle tre parametre i de tre muskler, men dog er der vist en signifikant stigning på minimum én parameter i hver muskel. På

de øvrige parametre ses der dog en ikke signifikant stigning. Se tabel 11 i afsnit 4.1.1 for de enkelte tal.

Mekanismen bag referret smerte er som beskrevet i afsnit 1.6 endnu ikke fuldt afdækket.(15) For at den referrede smerte kan forklare den øgede muskeltonus, må antagelsen om at referrede smerter opstår på spinal niveau i dorsal hornene godtages. Aktivering af de slumrende axonale forbindelser kan forklare en øget aktivitet i gruppe III (og gruppe IV) neuronerne. (45) Som beskrevet i afsnit 1.9, aktiverer gruppe III neuronerne γ -motorneuronerne til muskeltenen, som påvirker muskeltenens stræk-sensibilitet, og udløser aktivitet i muskeltenens primære (Ia) og sekundære (II) afferente nervefibre, og dermed øget muskeltonus.(27) Dorsal horn cellerne har en stor grad af konvergens, med input fra både nociceptive og non-nociceptive afferente fibre. Dette kan være med til at forklare, at det er svært at lokalisere centrum for smerten.(45)

Den påviste gennemsnitlige stigning i muskeltonus er dog ikke nødvendigvis entydig, dersom den dækker over et bredt spænd. En ændring i Naturlig Oscillationsfrekvens i infraspinatus på 2,25% dækker alt fra et fald i muskeltonus på 2,33% til en stigning i muskeltonus på 11,98%. Samme mønster går igen på alle tre parametre i alle tre muskler. Ligeledes er der heller ikke konsistens i målingen af muskeltonus på de tre parametre hos den enkelte forsøgsdeltager. Selv om der ses en sammenhæng mellem muskeltonus målt på de tre parametre, viser en gennemgang af data, at der hos flere af forsøgsdeltagerne ses både et fald og en stigning i muskeltonus. Dette viser sig i resultaterne som manglende korrelation mellem de procentvise ændringer i muskeltonus.

Et andet aspekt i fortolkningen af ændringerne i muskeltonus er den manuelle stimulering i sig selv. Trigger punktet i infraspinatus er valgt ud fra en klinisk relevans, som beskrevet i afsnit 3.5.3, og en del af den nuværende kliniske praksis går ud på behandling af trigger punkter med henblik på at inaktivere disse. Især manuel intervention og dry needling akupunktur er hyppigt brugt, men fælles for de manuelle interventioner, er en grad af mekanisk stimulering i form af et tryk af varierende kraft og varighed. Effekten af disse interventioner er undersøgt i flere systematiske reviews, og der er evidens for en lettelse med korttidseffekt, men ikke mellem- og langtidseffekten.(15)

Dette kan have påvirket resultatet i negativ retning, og være en forklaring på den manglende konsistens i ændringerne i muskeltonus. Den mekaniske stimulering kan således have haft karakter af intervention i de latente trigger punkter, og medført en kortvarig lettelse af gener. Det er ikke tidligere undersøgt i en kliniske grupper med refererede smerter, i hvilket omfang manuel intervention har på muskeltonusen i områderne med referret smerter, hvorfor der ikke er klart om og hvordan dette hænger sammen med den kliniske problemstilling.

5.3 Metodediskussion

5.3.1 Design

I forsøget indgik personer af begge køn, men for at få en mere ensartet gruppe kunne det være valgt udelukkende at inkludere yngre mænd, da der er evidens for at mænd og kvinder reagerer forskelligt på eksperimentel smerte, herunder tryk smerte.(46) Der kunne ligeledes have været valgt, at gentage målingerne to dage efter første måling. Dermed ville der kompenseres for tilfældigheder i forhold til forsøgsdeltagernes stress niveau, og for deres nervøsitet over at skulle deltage i et smerteforsøg.

5.3.2 Valg af metode til smertestimulering

Som beskrevet flere steder i diskussionen af resultaterne, ville enten en kraftigere og længerevarende mekanisk eller en kemisk stimulering potentielt have givet et mere entydigt og klarere resultat. Ved at vælge en kemisk stimulation i form af injektion af hypertont saltvand i trigger punktet, ville der kunne sikres at målingen af muskeltonus og indtegning af smerteudbredelsen skete under indflydelse af lokal smerte. Varigheden af smerterne som følge af injektion af hypertont saltvand er typisk 3-5 minutter.

5.3.3 Udgangsstilling for stimulering og måling af muskeltonus

Der er i dette studie blevet brugt to forskellige lokalisationer til udførelse af forsøget. Det blev i den forbindelse valgt, at såvel stimuleringen som målingerne af muskeltonus skulle foretages i

siddende stilling. Det kan i den forbindelse ikke udelukkes, at forskellen i siddestillingen kan have spillet ind på målingerne, selv om det blev tilstræbt at gøre det så ens som muligt. En mulig løsning på dette, kunne være at vælge en sideliggende udgangsstilling på ikke stimuleret side. Dette vil dog give den begrænsning, at der kun kan måle på stimulerede side.

5.3.4 Sample size

Der blev beregnet en sample size på 40 forsøgsparticipanter inden start på forsøget. Udregningen er baseret på upubliceret data fra tidligere studie, som viste en signifikant procentvis stigning i muskeltonus som følge af DOMS på 3,1%-6,1%.⁽¹³⁾

Der er i dette studie kun fundet en signifikant procentvis stigning på 1,4%-3,1%, og efterfølgende sample size beregninger ved hjælp af websiden: <http://www.biomath.info/power/prt.htm> har vist følgende gruppestørrelse:

Resultater af sample size beregning			
	Naturlig Oscillationsfrekvens HZ	Logaritmisk Dæmpning	Dynamisk Stivhed (N/m)
Beregnet sample size	25	101	62

Dette understøtter resultatet, at der er tilstrækkelig power til at vise en signifikant procentvis ændring af muskeltonus, målt på parameteren Naturlig Oscillationsfrekvens i alle tre muskler. Og at gruppestørrelse har været for lille til at vise en signifikant procentvis ændring af muskeltonus på parametrene Logaritmisk Dæmpning og Dynamisk Stivhed, om end der er fundet en signifikant stigning i muskeltonus på en af de to parametre i deltoideus og brachioradialis. Se tabel 11 afsnit 4.4.1.

6 Konklusion

I dette studie er der foretaget måling af muskeltonus i infraspinatus, deltoideus og brachioradialis før og efter en mekaniske stimulation af trigger punkt i infraspinatus.

Som følge af den mekaniske stimulering er der påvist en signifikant øget muskeltonus målt på parameteren Naturlig Oscillationsfrekvens i alle tre muskler, ($P < 0,05$). På den baggrund afvises H_01 , og det må derfor konkluderes at måling af muskeltonus kan bruges som en klinisk undersøgelse af muskelsmerte med henblik på at klarlægge smertemønstre.

Der er ikke påvist en signifikant sammenhæng mellem muskelsmerter og udbredelsen af smerter i overekstremiteten. På den baggrund kan H_02 ikke afvises. Det kan dog ikke afvises, at der findes en sammenhæng som bare ikke er vist i dette studie, på grund af insufficiet stimulering af trigger punkt og manglende indtegning af lokale smerter på smertetegningerne.

7 Perspektivering

Som belyst i problembaggrunden, er smerter i nakke, skulder og overekstremiteterne hos den voksne befolkning et stort problem, set i et samfundsmæssigt perspektiv.

En øget forståelse for sammenhængen mellem muskelsmerter, herunder referrede smerter og ændringer i muskeltonus kan have fremtidig indflydelse på præcis og hurtig diagnosticering. Smerter i skulderen og overekstremiteterne kan stamme fra mange forskellige strukturer, og jo mere sikker viden, der kan genereres omkring sammenhænge mellem årsag og symptomer, jo hurtigere kan der sættes ind med den rigtige behandling. Ved at kunne måle muskeltonus i muskler, vil der potentielt kunne stilles en diagnose på baggrund af hvilke områder der er berørt af tonusændringer.

Dette studie har vist at der kan måles en ændring i muskeltonus i områder hvori der er referret smerte fra et givet punkt i en muskel. For at verificere dette, kan studiet med fordel gentages med en anden type smertestimulering (hypertont saltvands injektion), på grund af en længerevarende lokal smerte. Endvidere bør målinger af muskeltonus gennemføres på patienter, der lider af smerter i overekstremiteterne, både med og uden smerter i skulderen. Dette for at undersøge om der også i patienter kan findes ændringer i muskeltonus ved at måle før og efter behandling af deres gener, primært behandling af latente og aktive trigger punkter i skulderregionen.

Ligeledes kan fremtidig forskning bidrage med ny viden om objektiv måling af muskeltonus. Hidtil har dette beroet på den sundhedsprofessionelles vurdering, ud fra forskellige kliniske tests. Ved at anvende en objektiv måling af patientens muskeltonus, ved hjælp af eksempelvis MyotonPRO, vil der fremkomme en værdi for patientens smerte.

8 Referenceliste

1. Statens Institut for Folkesundhed. Danskernes sundhed - Tal fra Den Nationale Sundhedsprofil [Internet]. 2013. Available from: <http://danskernessundhed.dk>
2. Pribicevic M. The Epidemiology of Shoulder Pain: A Narrative Review of the Literature. Pain Perspect [Internet]. 2012;147–86. Available from: <http://www.intechopen.com/books/pain-in-perspective/the-epidemiology-of-shoulder-pain-a-narrative-review-of-the-literature>
3. Dilley A, Greening J. Non-specific Arm Pain. In: Wall and Melzack's Textbook of Pain. 6th ed. Philadelphia, Pa.: Elsevier Saunders; 2013. p. 1153 p.
4. Medscape. Lateral epicondylitis [Internet]. 2016. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/96969-overview#a6>
5. Sundhedsstyrelsen. Albuesmerter. Lægehåndbogen. 2016.
6. Bliddal H, Graven-Nielsen T. Muskelsmerter. In: Staehelin Jensen T, Dahl JB, Arendt-Nielsen L, editors. 3rd ed. Kbh.: FADL; 2013. p. 121.
7. IASP. IASP Taxonomy [Internet]. 2015. Available from: <http://www.iasp-pain.org/Taxonomy>
8. Macfarlane GJ, McBeth J, Jones GT. Epidemiology of Pain. In: 6th ed. Philadelphia, Pa.: Elsevier Saunders; 2013. p. 232.
9. Bastrup CS, Dahl JB, Arendt-Nielsen L, Jensen TS. Smerteanatomi og fysiologi. In: Staehelin Jensen T, Dahl JB, Arendt-Nielsen L, editors. 3rd ed. Kbh.: FADL; 2013. p. 15.
10. Apkarian A V, Bushnell MC, Schweinhardt P. Representation of Pain in the Brain. In: 6th ed. Philadelphia, Pa.: Elsevier Saunders; 2013. p. 111.
11. Skrejborg P. Implementering af Navigate Pain i klinisk praksis [Internet]. 2015. Available from: Upubliceret studenterprojekt.
12. Jensen TS, Arendt-Nielsen L, Dahl JB. Smerter - en introduktion. In: Staehelin Jensen T, Dahl JB, Arendt-Nielsen L, editors. 3rd ed. Kbh.: FADL; 2013. p. 11.
13. Sørensen GL, Mejer KB, Larsen LF, Linneberg M-BL, Skrejborg P. Muskeltonus og muskelsmerte [Internet]. 2015. Available from: Upubliceret studenterprojekt
14. Mense S, Gerwin RD. Muscle Pain: Understanding the Mechanisms [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2010. Available from: [Side 42 af 52](http://proxy1-</div><div data-bbox=)

bib.sdu.dk:2048/login?url=http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-85021-2

15. Fernández-de-las-Peñas C, Ge H-Y. Myofascial Pain Syndrome. In: Musculoskeletal pain : basic mechanisms and implications. Washington: IASP Press; 2014. p. xvi, 534 pages.
16. Bron C, Dommerholt J, Stegenga B, Wensing M, Oostendorp RAB. High prevalence of shoulder girdle muscles with myofascial trigger points in patients with shoulder pain. BMC Musculoskelet Disord. England; 2011;12:139.
17. Simons DG, Travell 1901- JG, Simons LS. Travell & Simons' myofascial pain and dysfunction : the trigger point manual. 1. Upper half of body. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1999. 1038 s.
18. Ge H-Y, Arendt-Nielsen L. Latent myofascial trigger points. Curr Pain Headache Rep. 2011;15(5):386–92.
19. Al-Shenqiti AM, Oldham J a. Test—retest reliability of myofascial trigger point detection in patients with rotator cuff tendonitis. Clin Rehabil [Internet]. 2005;19(5):482–7. Available from: <http://cre.sagepub.com/cgi/doi/10.1191/0269215505cr791oa>
20. Gerwin RD. The taut band and other mysteries of the trigger point: An examination of the mechanisms relevant to the development and maintenance of the trigger point. J Musculoskelet Pain [Internet]. 2008;16(1-2):115–21. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-67949117195&partnerID=40&md5=8bd4d7bc025433517ccc4af290da54b5>
21. Kuan TS, Hong CZ, Chen JT, Chen SM, Chien CH. The spinal cord connections of the myofascial trigger spots. Eur J Pain. 2007;11(6):624–34.
22. Graven-Nielsen T; A-NL. Assessment of Musculoskeletal Pain Mechanisms and Relevant Human Experimental Models. In: Musculoskeletal pain : basic mechanisms and implications. Washington: IASP Press; 2014. p. xvi, 534 pages.
23. Schibye B, Klausen K. Menneskets fysiologi : hvile og arbejde. 3rd ed. Kbh.: FADL; 2011. 461 sider, illustreret i farver.
24. Simons DG, Mense S. Understanding and measurement of muscle tone as related to clinical muscle pain. Pain. 1998;75(1):1–17.
25. Johansson H, Sojka P. Pathophysiological mechanisms involved in genesis and spread of muscular tension in occupational muscle pain and in chronic musculoskeletal pain

- syndromes: A hypothesis. *Med Hypotheses*. 1991;35(3):196–203.
26. Knutson GA. The role of the γ -motor system in increasing muscle tone and muscle pain syndromes: A review of the Johansson/Sojka hypothesis. *J Manipulative Physiol Ther*. 2000;23(8):564–72.
 27. Capra NF, Ro JY, Masri R. Modulation of Muscle Spindle Activity by Muscle Pain. In: *Musculoskeletal pain : basic mechanisms and implications*. IASP Press; 2014.
 28. Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: Biomechanical considerations in rehabilitation. *Man Ther* [Internet]. Elsevier Ltd; 2011;16(1):33–9. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1356689X10001487>
 29. Ezaki M. An Approach to the Upper Limb in Arthrogryposis. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(3):S57–62.
 30. Hong CZ. Pathophysiology of myofascial trigger point. *J Formos Med Assoc* [Internet]. 1996 Feb [cited 2016 Jan 26];95(2):93–104. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9064014>
 31. Broadhurst N a., Simmons DN, Bond MJ. Piriformis syndrome: Correlation of muscle morphology with symptoms and signs. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(December):2036–9.
 32. Graven-Nielsen T. Fundamentals of muscle pain, referred pain, and deep tissue hyperalgesia. *Scand J Rheumatol Suppl*. 2006;122(Suppl 122):1–43.
 33. Damon Mok WKL. Reliability and Asymmetry Profiles of Myotonometric Measurements in Healthy Skeletal Muscles. *J Nov Physiother* [Internet]. 2014;05(01):1–5. Available from: <http://www.omicsgroup.org/journals/reliability-and-asymmetry-profiles-of-myotonometric-measurements-in-healthy-skeletal-muscles-2165-7025-245.php?aid=37115>
 34. Pruyn EC, Watsford ML, Murphy AJ. Validity and reliability of three methods of stiffness assessment. *J Sport Heal Sci* [Internet]. Elsevier B.V.; 2015;(December). Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jshs.2015.12.001>
 35. AS M. Myoton [Internet]. 2016. Available from: <http://myoton.com>
 36. Fröhlich-Zwahlen AK, Casartelli NC, Item-Glatthorn JF, Maffiuletti NA. Validity of resting myotonometric assessment of lower extremity muscles in chronic stroke patients with limited hypertonia: A preliminary study. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014;24(5):762–9.
 37. Agyapong-Badu S, Warner M, Samuel D, Stokes M. Measurement of ageing effects on

muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps brachii in healthy males and females using a novel hand-held myometric device. Arch Gerontol Geriatr [Internet]. Elsevier Ireland Ltd; 2016;62:59–67. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2015.09.011>

38. García VD, Palsson T, Herrero P, Graven-Nielsen T. Pressure-induced referred pain is expanded by persistent soreness. Pain [Internet]. 2016;1. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006396-9000000000-99603>
39. Fischer a a. Pressure algometry over normal muscles. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. Pain. 1987;30(1):115–26.
40. Ge H-Y, Fernandez-de-Las-Penas C, Madeleine P, Arendt-Nielsen L. Topographical mapping and mechanical pain sensitivity of myofascial trigger points in the infraspinatus muscle. Eur J Pain. England; 2008 Oct;12(7):859–65.
41. Andersen LL, Hansen K, Mortensen OS, Zebis MK. Prevalence and anatomical location of muscle tenderness in adults with nonspecific neck/shoulder pain. BMC Musculoskelet Disord. England; 2011;12:169.
42. Cook C, Burgess-Limerick R, Chang S. The prevalence of neck and upper extremity musculoskeletal symptoms in computer mouse users. Int J Ind Ergon [Internet]. 2000;26(3):347–56. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016981410000010X>
43. Arendt-Nielsen L, Svensson P. Referred muscle pain: basic and clinical findings. Clin J Pain. 2001;17(1):11–9.
44. Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L, Svensson P, Jensen TS. Stimulus-response functions in areas with experimentally induced referred muscle pain--a psychophysical study. Brain Res [Internet]. 1997;744(1):121–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9030420>
45. Mense S. Basic Mechanisms of Muscle Pain. In: Wall and Melzack's Textbook of Pain. 6th ed. Philadelphia, Pa.: Elsevier Saunders; 2013. p. 1153 p.
46. Keogh E. Sex-Related Differences in Clinical and Experimental Muscle Pain. In: Musculoskeletal pain : basic mechanisms and implications. Washington: IASP Press; 2014. p.

457.

47. Chou L-W. Simons' integrated hypothesis of myofascial trigger point. [Internet]. 2016. Available from: https://www.researchgate.net/figure/270653547_fig1_Figure-6-Simons'-integrated-hypothesis-of-myofascial-trigger-point><img src="https://www.researchgate.net/profile/Li-Wei-Chou/publication/270653547/figure/fig1/AS:272540354478146@1441990092812/F
48. Quizlet AL. Patellar reflex [Internet]. 2016. Available from: <https://quizlet.com/16649552/anatomy-lab-10-flash-cards/>

Bilag 1 Spørgeskema for screening af forsøgsdeltagere

Spørgeskema for screening af forsøgsdeltagere

Aalborg Universitet, Center for Sanse-Motorisk Interaktion

Udfyld venligst nedenstående spørgeskema ved at angive ja/nej svar med et kryds. Angiv 'ja' hvis du har haft nogen af de problemer, som står på listen, men ikke hvis du lider af dem nu. Hvis du har svaret 'ja' til nogle af spørgsmålene, vil du blive bedt om at præcisere dit svar. Du kan undlade at besvare enkelte spørgsmål, hvis du ønsker det, men det vil udelukke dig fra deltagelse.

Lidelser	Ja	Nej
Har du nogensinde brækket din arm eller skulder ?		
Muskuloskeletale lidelser såsom indklemningssyndrom, tendinopatier, tennisalbuie eller lignende?		
Har du smerter nu i skulderen, albuen eller håndleddet?		
Vedvarende smerter fra ryg eller nakke ?		
Tidligere historie om neurologiske sygdomme eller lidelser som multiple sklerose ?		
Enhver muskellidelse (medfødte eller erhvervede) ?		
Historie om operation på overekstremiteter ?		
Bruger du nogen form for medicin nu eller fast ?		
Andre fysiske problemer i øvre eller nedre lemmer, som du mener kan begrænse din evne til at deltage i forsøget ?		
Gravid ?		
Enhver anden kilde til vedvarende smerte ?		

Bemærk venligst, at vi beder deltagerne om ikke at indtage nogen form for smertestillende medicin i 24 timer før forsøget

Bilag 2 Deltagerinformation

Forsøgets titel: Sammenhæng mellem muskelsmerter, muskelhårdhed og smerteudbredelse

Vi vil spørge, om du vil deltage i et videnskabeligt forsøg, der udføres af forskere på Institut for Medicin og Sundhedsteknologi, Aalborg Universitet.

Før du beslutter, om du vil deltage i forsøget, skal du fuldt ud forstå, hvad forsøget går ud på, og hvorfor vi gennemfører forsøget. Vi vil derfor bede dig om at læse denne deltagerinformation grundigt.

Du vil blive inviteret til en samtale om forsøget, hvor denne deltagerinformation vil blive uddybet, og hvor du kan stille de spørgsmål, du har om forsøget. Du er velkommen til at tage et familiemedlem, en ven eller en bekendt med til samtalen.

Hvis du beslutter dig for at deltage i forsøget, vil vi bede dig om at underskrive en samtykkeerklæring. Husk, at du har ret til betænkningstid, før du beslutter, om du vil underskrive samtykkeerklæringen.

Det er frivilligt at deltage i forsøget. Du kan når som helst og uden at give en grund trække dit samtykke tilbage.

Formål med forsøget

Formålet med forsøget er at måle musklernes hårdhed i skulderen, over- og underarmen og se, om dette ændrer sig, når der fremkaldes en kortvarig smertefuld oplevelse som følge af tryk på en skuldermuskel.

Hvem kan deltage i forsøget?

Du kan deltage, hvis du er sund og rask og er i alderen 18-80 år.

Plan for forsøget

Du skal deltage i én forsøgssession af maksimalt 30 minutters varighed.

Vi vil måle spændingen i dine skulder- og underarmsmuskler før og efter tryk med et trykapparat på et muskelpunkt i en af skulderens muskler, ligesom vi måler din smertetærskel til tryk med et trykapparat.

Trykket på muskelpunktet vil udløse en moderat smerte i skulderområdet og eventuelt ud i armen. Vi vil endvidere bede dig om at indtegne udbredelsen af disse smerter på en digital smertetegning på en tablet.

Risici, bivirkninger og ulemper

Der er ingen forventede bivirkninger og ulemper ved at deltage i forsøget.

Måling af tryksmertetærskel i en af dine skuldermuskler er en velbeskrevet rutine-undersøgelse uden kendte bivirkninger. Der kan dog forekomme let ømhed i målepunktet kort tid efter målingerne.

Den manuelle stimulering af din skuldermuskel med trykapparatet vil give kortvarige lokale smerter samt eventuelle smerter i skulderregionen og ned i armen. Disse smerter vil være af moderat styrke. Disse smerter forsvinder kort efter forsøgets ophør.

Der kan være risici ved forsøget, som vi endnu ikke kender. Vi beder dig derfor om at fortælle, hvis du oplever problemer med dit helbred, mens forsøget står på. Hvis vi opdager bivirkninger, som vi ikke allerede har fortalt dig om, vil du naturligvis blive orienteret med det samme, og du vil skulle tage stilling til, om du ønsker at fortsætte i forsøget.

Nytte ved deltagelse

Du vil ikke opnå nytte af din deltagelse i forsøget, men forsøgets resultater vil formodentlig kunne understøtte og forbedre de undersøgelser, som læger og fysioterapeuter udfører på patienter med muskellidelser i overkroppen og i nakke-/skulderområdet.

Udelukkelse fra og afbrydelse af forsøg

Reagerer du efter forsøgslederens vurdering uventet på forsøgets procedurer, eller viser du dig på anden vis ikke egnet til videre deltagelse i forsøget, kan din deltagelse i forsøget til ethvert tidspunkt afsluttes. Forsøget som helhed vil blive stoppet, hvis det skulle vise sig, at forsøgspersonerne generelt ikke tolererer procedurerne i forsøget eller finder forsøget for udmattende.

Oplysninger om økonomiske forhold

Initiativtagere til projektet er Peter Skrejborg, fysioterapeut og stud. Cand. Scient Klinisk Videnskab og Teknologi, Aalborg Universitet, og Thorvaldur Skuli Palsson, Adjunkt, fysioterapeut (Ph.d.) ved Center for Neuroplasticity and Pain (CNAP), Aalborg Universitet.

Der forefindes ingen økonomiske støttestivere til projektet

Ingen af forskerne bag forsøget har økonomiske interesser heri.

Du modtager ikke vederlag for din deltagelse i forsøget.

Adgang til forsøgsresultater

Resultaterne af forsøget vil blive offentliggjort i anonymiseret form uanset udfaldet af forsøget.

Forsøget er godkendt af "Den Videnskabsetiske Komité for Region Nordjylland", sagsnummer N-20160013.

Vi håber, at du med denne information har fået tilstrækkeligt indblik i, hvad det vil sige at deltage i forsøget, og at du føler dig rustet til at tage beslutningen om din eventuelle deltagelse. Vi beder dig også om at læse det vedlagte materiale "Forsøgspersonens rettigheder i et sundhedsvidenskabeligt forskningsprojekt".

Hvis du vil vide mere om forsøget, er du meget velkommen til at kontakte undertegnede.

Med venlig hilsen

Peter Skrejborg
Fysioterapeut, Stud.Cand.Scient. Klinisk Videnskab og Teknologi
Fysio- og ergoterapien
Aalborg Universitetshospital
Hobrovej 18-22
9000 Aalborg
Tlf.: 24 48 02 38
E-mail: pskrej14@student.aau.dk eller pesk@rn.dk

Bilag 3 Samtykkeerklæring

Informeret samtykke til deltagelse i et sundhedsvidenskabeligt forskningsprojekt.

Forskningsprojektets titel: Sammenhæng mellem muskelsmerter, muskelhårdhed og smerteudbredelse

Erklæring fra forsøgspersonen:

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

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

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

Forsøgspersonens navn: _____

Dato: _____ Underskrift: _____

Ønsker du at blive informeret om forskningsprojektets resultat samt eventuelle konsekvenser for dig?:

Ja _____ (sæt x) Nej _____ (sæt x)

Erklæring fra den, der afgiver information:

Jeg erklærer, at forsøgspersonen har modtaget mundtlig og skriftlig information om forsøget.

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

Navnet på den, der har afgivet information: Peter Skrejborg

Dato: _____ Underskrift: _____

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

N-20160013

Standardsamtykkeerklæring udarbejdet af Den Nationale Videnskabsetiske Komité, december 2011.

Bilag 4 Forsøgspersonens rettigheder i et sundhedsvidenskabeligt forskningsprojekt

Som deltager i et sundhedsvidenskabeligt forskningsprojekt skal du vide at:

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

(Dette tillæg udgives af det videnskabsetiske komitéssystem og kan vedhæftes den skriftlige information om det sundhedsvidenskabelige forskningsprojekt. Spørgsmål til et projekt skal rettes til den regionale komité, som har godkendt projektet)