

Case Report

Wat is het effect van de combinatie van fysische technieken PMFT, LLLT en LIPUS op het herstel van een proximale radius hals fractuur Mason type I bij een professionele wielrenner.



Auteur: T. Eltink
Begeleider: Bert Bousema
01-06-2017, Reusel
Deeltijd fysiotherapie Avans breda
Studentnummer: 2043794

Samenvatting

Inleiding: Dit case report betreft een professionele wielrenner die bij een val een proximale radiushals (Mason type 1) fractuur opgelopen heeft. Onderzocht wordt of een behandeling met een combinatie van fysische technieken Pulsed Magnetic Field therapy (PMFT), Low Level Laser therapy (LLLT), en Low-intensity pulsed ultrasound therapy (LIPUS) invloed heeft op de snelheid van herstel.

Methode: Het betreft een N = 1 studie met 4 meetmomenten. T0 = 15 maart 2016 (20 dagen na ontstaan fractuur), T1 = 22 maart 2016, T2 = 29 maart 2016 en T3 = 10 april 2016. Behandelsessies vinden plaats tussen T0 en T1 op 15 en 17 maart 2016, behandeld wordt er met de fysische technieken PMFT, LLLT en LIPUS. Er is gemeten op pijn (NPRS) en functie (PSK) op T0, T1, T2, T3 en beoordeling röntgenfoto op T0 en T1.

Resultaten: De NPRS 'pijn in rust' geeft op T0 een score van 2, op T1 een score van 1 en op T2 en T3 beide een 0. De NPRS 'pijn gedurende de dag' geeft op T0 een score van 4, op T1 een score van 1 en op T2 en T3 beide een 0. Röntgenfoto geeft op T0 minimale consolidatie bot, op T1 volledige consolidatie bot, T2-T3 status quo. De PSK 'steunen op het stuur tijdens fietsen' geeft op T0 40, op T1 30, op T2 10 en T3 5. De PSK 'buiten wielrennen' geeft op T0-T1 100, op T2 30 en op T3 0. De PSK 'wedstrijd fietsen' geeft bij T0-T1 100, op T2 60 en op T3 10.

Conclusie: De resultaten laten een verkorte hersteltijd zien van 3 weken ten opzichte van de gestelde prognose, 6-8 weken. Er is echter meer kwalitatief onderzoek nodig, bij voorkeur een Randomized Controlled Trial, om de bijdrage in het herstel van de gecombineerde behandeling met PMFT, LLLT en LIPUS te onderzoeken.

Sleutelwoorden: fracture, PMFT, LLLT, LIPUS.

Inleiding

Dit case report is geschreven naar aanleiding van een stage fysiotherapie waarin een patiënt langskomt met een fractuur in de proximale radius hals van zijn rechter elleboog. Zijn medisch specialist uit het UZ Gent heeft een prognose van 6-8 weken gesteld, waarbij 8 weken staat voor return to sport. De patiënt is een professionele wielrenner en wil alles in het werk stellen om zijn hoofddoel, een voorjaarswedstrijd over 257,5 kilometer met 53 kilometer aan kasseien, te halen. De patiënt wordt behandeld met de fysische technieken Pulsed Magnetic Field therapy (PMFT), Low Level Laser therapy (LLLT) en Low-intensity pulsed ultrasound therapy (LIPUS) met als doel de duur van het herstel van de fractuur te verkorten.

Radius hals fractuur

Een derde van alle fracturen rondom de elleboog is een proximale radius fractuur, welke de kop of hals kan betreffen. De incidentie voor een proximale radius fractuur is 55 per 100.000 mensen per jaar¹, waarbij een kop fractuur vaker voorkomt dan hals. De incidentie van een radius hals fractuur bedraagt 16.7 per 100.000 mensen per jaar¹ en wordt vooral gezien na een val op een (uit)gestrekte arm²⁻⁵.

Een radius kop en hals fractuur wordt na radiografisch onderzoek geclassificeerd volgens Mason⁶. Bij een type I zijn de fractuurfragmenten niet of nauwelijks verplaatst. Bij een type II zijn de fractuurfragmenten verplaatst (> 2mm), bij een type III is er sprake van een verbrijzeling. In 1962 is hier nog een vierde type fractuur aan toegevoegd, met ontwrichting van de elleboog⁷. Veelal zien we bij een hals fractuur een Mason type 1¹.

De kop en hals zijn gelokaliseerd aan het proximale gedeelte van de radius, welke samen met de ulna en de humerus het elleboog gewricht (art. cubiti) vormt. De radius speelt een grote rol in het stabiliseren van de elleboog en bij het pro- en supineren van de onderarm.

Na het ontstaan van de fractuur treedt er vaak swelling en pijn op in de laterale zijde van de elleboog. De radiuskop geeft vaak drukpijn en de pijn neemt toe bij een pro- en supinatie beweging³⁻⁴. Men dient na trauma tevens de pols te onderzoeken om eventuele verdere fracturen of rupturen uit te sluiten^{2,8}. Ook dient er gekeken te worden naar een eventuele olecranonfractuur, een avulsie van de mediale epicondyl en een elleboogluxatie omdat deze gepaard kunnen gaan met een radiushalsfractuur³.

Om te diagnosticeren of er daadwerkelijk een fractuur aanwezig is dient een röntgenfoto uitsluitsel te geven. De röntgenfoto dient van 2 richtingen genomen te worden, de laterale- en anteroposteriore zijde (AP-Opname), waarbij de fractuur het best zichtbaar zal zijn op de AP-opname²⁻³. Behandeling van een radius hals fractuur is afhankelijk van de Mason classificatie. Over het beleid bij een Mason type I fractuur bestaat er echter geen exacte consensus. De protocollen lopen uiteen van 1-3 weken bovenarmgips, gevolgd door het dragen van een mitella en oefenen zodra de pijn het toelaat⁴. Alleen 3 weken bovenarmgipsspalk met de elleboog in 90° flexie³. Gedeeltelijk immobilisatie door middel van een sling voor enkele dagen⁵ en 48uur volledige rust door middel van een sling direct gevolgd door mobilisaties².

Bij een type Mason II of III bepaalt de fractuur, de eventuele blokkade en bewegingsbeperking die de fractuur geeft of een operatieve behandeling noodzakelijk is. Wanneer dit wel het geval is zal een open repositie en fixatie moeten plaatsvinden. Bij deze operatie kunnen dan tevens gescheurde ligamenten gerepareerd worden of zo nodig een prothese geplaatst worden³⁻⁵.

Volgens de MD guideline⁵ bestaat een optimaal herstel bij een type Mason I, uit 48 uur rust met directe pijnverlichting door aspiratie, gevolgd door vroege mobilisaties op geleide van de pijn. Het vroeg mobiliseren lijkt de sleutel tot succes met in achtneming dat de fractuur stabiel is. Het herstel is gefocust op pijnvermindering en het bewerkstelligen van een zo groot mogelijke ROM van het elleboog

gewricht. Daarnaast streeft men ernaar om zo veel mogelijk spierkracht te behouden. Mogelijke complicaties kunnen zijn dat er avasculaire necrose³, blijvende stijfheid, bewegingsbeperking en/of pseudoartrose ontstaat⁴.

Histologie en fysiologie botweefsel

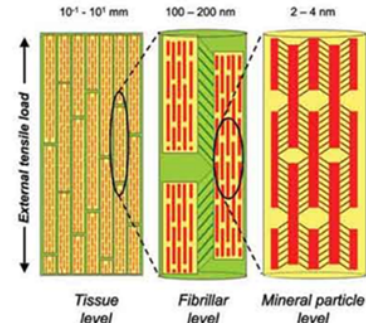
Bot is een levend weefsel, bestaande uit mineralen, organische componenten en bouwcellen⁹. Het minerale gedeelte (calcium, fosfaten, hydroxyl ionen) geeft het bot zijn sterkte, stijfheid en rigiditeit. De meest voorkomende organische component is collageen type 1, wat het bot treksterkte en veerkracht geeft. De aanwezige cellen in het bot zijn osteoblasten (botbouwers), osteoclasten (botafbrekers) en osteocyten (ingebouwde osteoblasten die een sensorische functie hebben).

De buitenste bedekking van het bot, het periost, is sterk gevasculariseerd en heeft daardoor een essentiële rol in botherstel. Bloedvaten, zenuwen en osteocyten organiseren zich zo dat er kanalen in het bot ontstaan (Volkmann en Havers). Deze kanalen zorgen voor (bloed) circulatie in het bot.

Volgens de hypothese van Julius Wolff⁹⁻¹⁰ uit 1892 is het bot opgebouwd uit kleine staafjes waarbij de mechanische belasting van het bot de oriëntering van deze staafjes bepalen. Bij compact bot stapelen de osteonen (concentrische ringen van beenweefsel) zich loodrecht op elkaar genaamd lamellen, denk hierbij aan het femur. Bij spongieus botweefsel zoals calcaneus of de femur kop, worden de botbalkjes gevormd loodrecht op de belastingsrichting¹¹. De functie en belasting van het bot bepalen de opbouw¹². Daarnaast bewees Yasuda¹³ in 1953 dat belasting van het bot een elektrisch signaal produceert, het piëzo-elektrisch effect. Waarbij mechanische vervorming van het bot een elektrische reactie¹² tot gevolg heeft.

Botherstel

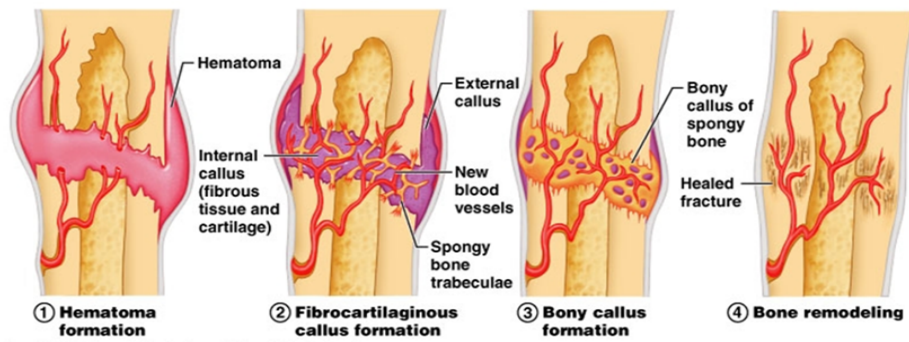
Botherstel is onderverdeeld in 3 iets overlappende fases, ontstekings-, proliferatie en remodeleringsfase⁹. De aanvankelijke ontstekingsfase, 1 – 5 dg, wordt gedomineerd door vasculaire processen.



Afbeelding 1: Opbouw van bot op nano-niveau

Na trauma zal als eerste een sterk hematoom ontstaan uit de mergvaten en vaten van het periost, waardoor een zwelling ontstaat en vascularisatie stagneert. Hierop volgend ontstaat ischemie waarop het necrotisch gebied, 1 a 2 mm, wordt gereabsorbeerd, om die reden is de breuklijn na 5 tot 10 dagen beter zichtbaar op een röntgen foto. In de proliferatieve fase treedt vasodilatatie en verhoogde osteoblasten activiteit op, waardoor het nieuwe callusweefsel gevormd en gevoed wordt. Het streven is om een snelle overbrugging van callus neer te leggen om zo de botdelen met elkaar te verbinden.

Tijdens de ontstekingsfase en de vroege proliferatie fase is immobilisatie wenselijk om neovascularisatie en de eerste callusvorming toe te staan. Zodra de neovascularisatie compleet is, is progressieve belasting en druk nabij de breuk wenselijk om verdere callusvorming te stimuleren. De eerste callus wordt gevormd als een kraag rond het breukvlak en is nog zeer kraakbeenachtig. Door mineralisatie en endochondrale calcificatie tijdens de remodeleringsfase verhard de callus en wordt deze beter zichtbaar op röntgen. Deze remodelering is sterk afhankelijk van belasting en druk op het bot. Juist door belasting raakt de structuur van het bot aangepast aan de dagelijkse taak en krijgt het bot zijn oude vorm terug¹⁴⁻¹⁹. De snelheid van deze processen zijn afhankelijk van de innervatie en vascularisatie van het



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Afbeelding 2: De fases van herstel bij een fractuur.

aangedane weefsel. Ook kunnen de leeftijd, de werking van schildklier en groeihormonen, de voedingstoestand en aan- of afwezige comorbiditeiten een rol spelen^{16,20}.

De prognose voor het herstel van een radius hals fractuur hangt af van een groot aantal factoren, zoals de ernst van de breuk, het soort bot, de bloedvoorziening van het callus vormende weefsel, de voedingstoestand van de patiënt en de leeftijd. De verwachting is dat 86 – 100% binnen een tijdsbestek van 2 tot 3 maanden ADL zal kunnen functioneren. De ROM van extensie varieert daarbij wel tussen de 141° en 179°²¹⁻²². Er is een risico op chronische pijn, waarbij 20% meer dan 12 maanden lichte pijnklachten ervaart²³, 10% slijkt pijnstillers voor gemiddeld 46 maanden na trauma²³.

Fysische technieken

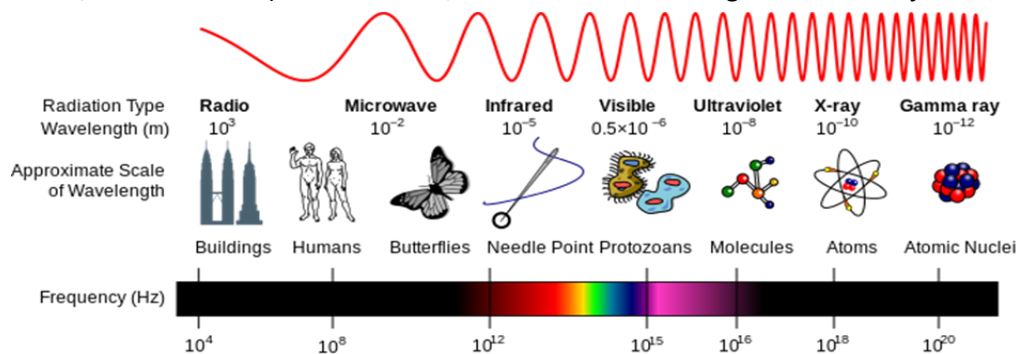
Een combinatie van de gebruikte technieken PMFT, LLLT en LIPUS wordt al toegepast door een fysiotherapeut uit Engeland, Brian Simpson. Sinds 40 jaar behandelt hij patiënten van over de gehele wereld, die speciaal naar hem toe reizen om zich door hem te laten behandelen (persoonlijke communicatie, 18 maart 2017). In Nederland,

Reusel, is er in samenwerking met Brian Simpson een tweede vestiging opgezet waarin deze vorm van behandeling wordt toegepast.

Hedendaags zijn de fysische technieken echter bijna geheel uit de Nederlandse fysiotherapie praktijken verdwenen. Er is geen enkele richtlijn van de KNGF²⁴ die momenteel advies geeft voor het gebruik hiervan. Volgens Brian Simpson (persoonlijke communicatie, 18 maart 2017) bestaan er fysische technieken die geschikt zijn voor het behandelen van fracturen die binnen het domein van de fysiotherapeut vallen.

Elektromagnetisch spectrum

PMFT, LLLT en LIPUS behoren tot het elektromagnetisch spectrum, elk met hun eigen frequentie. Volgens de wet van Faraday heeft een veranderd magnetisch veld een elektrisch veld tot gevolg. Maxwell stelde het omgekeerde vast, een verandert elektrisch veld veroorzaakt een magnetische veld. Samen vormen ze een elektromagnetische golf doordat ze elkaar op blijven wekken. Het veranderend elektrisch veld kennen we ook bij belasting van het bot, het piëzo-elektrisch effect. Dit effect wordt gedefinieerd als het vermogen van kristallijne materialen



Afbeelding 3: Het elektromagnetisch spectrum.

om mechanische energie in elektrische energie om te zetten en omgekeerd. Bij belasting van bot, bestaande uit mineralen (kristallijn materiaal) en collageen type 1 (geleider van potentiaal), heeft Yasuda al in 1953 dit piezo-elektrisch effect bevestigd.

Pulsed Magnetic Field therapy (PMFT)

PMFT therapie maakt gebruik van een pulserend magnetisch veld. Zoals Faraday en Maxwell al eerder ontdekt hebben wordt dit magnetisch veld omgezet in een elektrisch potentiaal, welke geleid wordt door de organische componenten. In het bot wordt dit elektrisch potentiaal omgezet in mechanische druk op het breukvlak, waardoor belasting van het bot wordt nagebootst²⁵. Ook lijkt het erop dat de activiteiten van osteoblasten, angiogenisis, de alkalische fosfaten en de matrix mineralisatie toenemen terwijl de werking van osteoclasten gelijk blijven²⁶⁻²⁷. Maar het onderliggend moleculair mechanisme is nog niet geheel verklaard. Verschillende theorieën, onder andere het 'the molecular gyroscope model'²⁸, 'Lorentz model'²⁹⁻³⁰, 'DNA antenna model'³¹, 'radical pair model'³² en 'ion cyclotron resonance'³³ hebben dit geprobeerd. De effecten kunnen misschien wel verklaard worden door een combinatie van deze theorieën.

Low Level Laser Therapie (LLLT)

'Laser' staat voor 'light amplification by stimulated emission of radiation'. LLLT is een therapie met een laag vermogende laser (niet thermisch) welke energie overbrengt door middel van gebundeld licht. Dit licht bestaat uit fotonen (partikels elektromagnetische energie) die het weefsel binnendringen en worden geabsorbeerd door de mitochondriën. Chemische processen worden vervolgens gestimuleerd. Veelbelovende onderzoeken (bij dieren) geven aan dat de osteoblasten activiteit, ADP-ATP synthese, de angiogenisis en de permeabelheid van de celwand toeneemt³⁴⁻³⁶. Daarnaast is er nog stimulatie van de endorfineafgifte, een verhoogde metabolisering van serotonine en het onderdrukken van nociceptor-activiteit. Waarbij pijnstilling optreedt doordat de pijngrens naar boven toe wordt opgeschoven³⁷. Wel lijken de resultaten

instellingsafhankelijk en blijft ook hier de precieze werking op moleculair niveau onduidelijk³⁵⁻³⁶.

Low-intensity pulsed ultrasound therapy (LIPUS)

LIPUS therapie maakt gebruik van ultrageluidsgolven (1MHz). De geluidsgolven veroorzaken een trilling in het lichaam die een micromechanische druk opleveren op het breukvlak. Dit effect heeft tot gevolg dat alle fases van het herstel positief gestimuleerd worden. Mechanische druk heeft tot gevolg dat botcellen sneller en meer calciumionen opnemen, calcificatie van het bot versnelt³⁸⁻³⁹. Daarnaast bevorderen de geluidsgolven de angiogenisis en lokale stofwisseling⁴⁰.

De fysische technieken die tijdens behandeling gebruikt worden zijn op zich zelf staand niet nieuw. PMFT werd in 1979 door The US Food and Drug Administration (FDA) goedgekeurd voor het behandelen van acute fractures en non-union fractures²⁶⁻⁴¹. LIPUS werd in 1994 door de FDA goedgekeurd voor het behandelen van acute fractures, in 2000 voor het behandelen van non-unions^{26,42-44}. LLLT is een nieuwere vorm van behandeling bij fractures en wordt in de literatuur nog minder beschreven, wel zijn er veelbelovend onderzoeken bij ratten uitgevoerd³⁴.

Ondanks dat LIPUS en PMFT al vele jaren erkend worden als behandeling bij fractures, worden deze therapieën toch niet of nauwelijks toegepast (persoonlijke communicatie met trauma chirurg Gert Kuijt, 11 april 2017). Alleen als een fractuur hedendaags niet of nauwelijks wil genezen (delayed of non-union) wordt er af en toe als "laatste redmiddel" een botstimulator gebruikt (persoonlijke communicatie met trauma chirurg Gert Kuijt, 11 april 2017).

Middels dit case report wordt onderzocht of behandeling met een combinatie van fysische technieken PMFT, LLLT en LIPUS invloed heeft op de snelheid van herstel van een proximale radius hals fractuur (Mason type I) van een professionele wielrenner.

Methode

Casus: Man, 37 jaar, professioneel wielrenner, gevallen tijdens voorjaarswedstrijd op 27 februari 2016 waarbij hij een proximale radiushals fractuur (Mason type 1) heeft opgelopen.

Bezoekreden

Op 15 maart 2016 meldt de patiënt zich bij fysiotherapiepraktijk Fractury. Hij is van zijn fiets gevallen en heeft daarbij een fractuur opgelopen. De röntgenfoto welke diezelfde ochtend genomen is zaait grote twijfel bij zowel behandelend medisch specialist als hemzelf of hij zijn hoofddoel, het rijden van een wedstrijd over 257,5 kilometer en daarbij 53 kilometer aan kasseien, op 10 april 2016 gaat halen. Om zijn kansen op het rijden van deze wedstrijd te vergroten besluit hij op advies van de chiropractor van zijn wielerteam te komen voor behandeling. Deze chiropractor heeft kort daarvoor zelf een soortgelijke behandeling aan een fractuur ondergaan en is bekend met de gebruikte methode.

Voorgeschiedenis

Op 27 februari 2016 is patiënt van zijn fiets gevallen tijdens een voorjaarswedstrijd, waarbij hij op zijn uitgestrekte arm is neergekomen. Na röntgenonderzoek is gebleken dat er een fractuur aanwezig is in de proximale radiushals (Mason type I) van zijn rechterarm. Zijn behandelend medisch specialist volgt een conservatief beleid waarbij patiënt bovenarmgips krijgt met zijn elleboog in 90° flexie.

De eerste 5 dagen blijft de patiënt van de fiets en pakt hij volledige rust. Vervolgens wordt er gestart met indoor fietsen op een hometrainer, beginnend met sessies van 30min per dag, uitbouwend naar 3uur per dag op het moment dat de patiënt binnenkomt voor eerste behandelsessie. De patiënt leunt tijdens zijn training met zijn arm op een trapje, de arm wordt de rest van de dag niet belast.

10 dagen (8 maart 2016) na zijn val wordt patiënt terug verwacht voor de eerste controle. Röntgenonderzoek wijst uit dat er



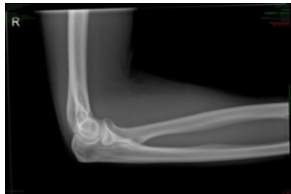
Afbeelding 4: Patiënt tijdens een indoortraining.

nog geen consolidatie van het bot zichtbaar is, wat ook niet te verwachten valt omdat de necrotische rand van het breukoppervlak eerst wordt opgeruimd. Opnieuw besluit behandelend medisch specialist tot bovenarmgips met zijn elleboog in 90° flexie, ditmaal voor 7 dagen.

Op 15 maart 2016 meldt patiënt zich opnieuw, ditmaal voor zijn tweede controle. Volgens zijn behandelend medisch specialist geeft röntgenonderzoek een minimale consolidatie van het bot weer. Patiënt krijgt ditmaal een scharnierbrace aangemeten waarbij zijn elleboog nog steeds in 90° flexie zit en wordt verzocht over 7 dagen terug te komen op 22 maart 2016. Bij zowel patiënt als behandelend medisch specialist ontstaat twijfel of het hoofddoel wel op tijd gehaald gaat worden. Patiënt besluit zelf, op advies van de chiropractor van zijn team, om alles op alles te zetten om zijn herstel te bevorderen. Patiënt heeft nog geen enkele vorm van oefentherapie ondergaan en heeft buiten het steunen tijdens het fietsen zijn arm niet belast.

Status praesens, 15 maart 2016

Patiënt zit momenteel in een scharnierbrace welke hij deze ochtend gekregen heeft. Patiënt geeft aan al terug op de fiets te zitten, op hometrainer, om zijn conditie op peil te houden voor zijn hoofddoel. Het steunen op het stuur van de hometrainer is op dit moment zijn grootste belemmering. Buiten- en wedstrijden fietsen is niet mogelijk. De pijn is gemiddeld overdag op de Numeric Pain Rating Scale (NPRS) 4 en in rust NPRS 2.

Onderzoeksbevindingen, T0	
NPRS • Rust • Gedurende de dag	2 4
PSK • Steunen op het stuur tijdens fietsen • Buiten wielrennen wedstrijd fietsen	40 100 100
Röntgenonderzoek • Afbeelding 1. Proximale radiushals fractuur, Mason type I. AP-opname, 27 februari 2016.	
Röntgenonderzoek • Afbeelding 2. Proximale radiushals fractuur, Mason type I. Laterale opname, 15 maart 2016.	

Tabel 1: Onderzoeksbevindingen 15 maart 2016, 20 dagen na trauma.

Prognostische factoren

Patiënt is samenwonend met vrouw en drie jonge kinderen. Patiënt gebruikt, buiten de eerste 3 dagen om, geen pijnstilling of andere medicatie, daarnaast heeft hij geen andere aandoeningen. Patiënt ondergaat jaarlijks een medische keuring bij zijn teamarts waarbij volgens de patiënt geen bijzonderheden zijn geconstateerd.

Behandelplan medisch specialist

De verwachte hersteltijd volgens zijn medisch specialist uit het UZ Gent bedraagt 6-8 weken. 3 weken bovenarmgips met zijn elleboog in 90° flexie. 2-3 weken brace en daarna 2-3 weken voor return to sport. Daarnaast adviseert medisch specialist, 5 dagen zonder fiets, waarna fietsen op een hometrainer is toegestaan wanneer de pijn dat toelaat. Buitenfietsen is pas toegestaan wanneer fractuur volledig geconsolideerd is. Er is geen advies gegeven voor oefentherapie.

Fysiotherapeutische diagnose

Op basis van de gestelde diagnose vanuit het ziekenhuis, fysiotherapeutisch onderzoek door de fysiotherapeut en herbeoordeling van de röntgenfoto's door traumachirurg en gipsverbandmeester is behandeling geïndiceerd.

Behandeldoelstellingen

Hoofddoel:

Het versnelt consolideren van de fractuur, zodanig dat deelnemen in competitieverband weer mogelijk is op 10 april 2016.

Subdoel 1:

Het verminderen van de pijn in rust, zodanig dat de NPRS daalt van 2 naar 1-0, binnen een tijdsbestek van 1-2 weken.

Subdoel 2:

Het verminderen van de pijn gedurende de dag, zodanig dat de NPRS daalt van 4 naar 1-0, binnen een tijdsbestek van 1-2 weken.

Subdoel 3:

Het verbeteren van consolidatie bot, zodanig dat volledige consolidatie bereikt wordt binnen 2 weken.

Subdoel 4:

Het verbeteren van het steunen op het stuur tijdens fietsen, zodanig dat de PSK daalt van 40 naar 0-10 binnen een tijdsbestek van 2-3 weken.

Subdoel 5:

Het verbeteren van het buiten kunnen wielrennen zodanig dat de PSK daalt van 100 naar 0-10 binnen een tijdsbestek van 3 weken.

Subdoel 6:

Het verbeteren van de mogelijkheid tot wedstrijd rijden, zodanig dat de PSK daalt van 100 naar 0-10 binnen een tijdsbestek van 3 weken.

Meetinstrumenten

In dit case report is gekozen voor de meetinstrumenten NPRS, PSK en röntgenfoto om het probleem in kaart te brengen. Er is gekozen voor de NPRS omdat deze ook telefonisch afgenomen kan worden bij de patiënt, dit omdat de patiënt op grote afstand woont en vaak in het buitenland zit. De PSK is gekozen omdat deze het probleem in activiteiten en participatie goed weergeeft. Röntgenfoto is daarnaast volgens het Nederlands Huisartsen Genootschap (NHG) het best geïndiceerd om fracturen te evalueren⁴⁵.

Het gezondheidsprobleem wordt geïnventariseerd en geëvalueerd volgens 'International classification of functioning, disability and health' ICF⁴⁶.

Numeric Pain Rating Scale (NPRS)

De Numeric Pain Rating Scale is een vragenlijst die gebruikt wordt om de mate van pijn weer te geven. De NPRS is een meetschaal bestaande uit 11 nummers van 0-10, daarbij betekend 0 geen enkele pijn en 10 is de meest voorspelbare pijn. De patiënt dient het getal te omcirkelen die het de ernst van zijn of haar pijn weergeeft van de afgelopen week⁴⁷⁻⁴⁸. Klinische relevantie wordt gegeven van een verschil van ten minste 2 punten⁴⁹⁻⁵⁰. De betrouwbaarheid van de test-hertest van de NPRS ligt aan het aantal maal dat hij per week wordt afgenomen. Bij 1 maal per week bedraagt de ICC (Intraclass Correlation Coëfficiënt) $r = 0,63$, bij 2 maal per week een ICC van $r = 0,79 - 0,92$, en het meest betrouwbaar is de NPRS wanneer hij 4 maal per week wordt afgenomen, $r = 0,95$ ⁵⁰. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is 100%⁵⁰.

Patiënt Specifieke Klachten lijst (PSK)

De PSK is een vragenlijst, die wordt aanbevolen om beperking in activiteiten en het participatieniveau in kaart te brengen⁵¹⁻⁵². De patiënt selecteert de 3 tot 5 belangrijkste klachten op het gebied van fysieke activiteiten. Deze activiteiten moeten relevant zijn, de patiënt moet hinder ondervinden bij de uitvoering en de uitvoering moet regelmatig plaatsvinden (wekelijks). De mate waarin de hinder wordt ondervonden wordt

door de patiënt gescoord op een numeric rating scale (NRS) (De scoring is in 2008 veranderd van een VAS-lijn in een score op een 11-punts NRS)⁵¹⁻⁵². De betrouwbaarheid van deze test bevindt zich tussen de 0,7 en 0,8 bij 95% betrouwbaarheidsinterval⁵³. De betrouwbaarheid van de test-hertest van de PSK ligt tussen de $r = 0.59$ en 0.97 ⁵⁴ ICC. De interbeoordelaars-betrouwbaarheid is $0.71 - 0.92$ ⁵⁴. De Minimally Clinically Important Difference (MCID) bij spier-pees en botweefsel bedraagt 1.2⁵⁴.

Röntgenonderzoek (X)

Röntgen is de oudste vorm van medische beeldvorming ontdekt in 1895 door Wilhelm Conrad Röntgen⁵⁵. Röntgenstraling behoort tot de elektromagnetische golven met een nog veel kortere golflengte dan zichtbaar licht. Het doordringend vermogen van die straling hangt af van de frequentie. Met de juiste frequentie kan straling wel door weefsel met lage dichtheid heengaan, maar door zwaarder weefsel, zoals beenderen, geabsorbeerd worden. Daarop berust de röntgenfoto. Een röntgenfoto is volgens de NHG-standaard geïndiceerd als er een verdenking bestaat op een fractuur⁴⁵. Er zijn geen gegevens gevonden omtrent validiteit van röntgenfoto's⁵⁶.

Behandelingsintensiteit en interventie

Patiënt ondergaat twee gelijke behandlesessies op 15 en 17 maart 2016. Er wordt behandeld met de fysieke technieken PMFT, LLLT en LIPUS. Een behandlesessie ziet er als volgt uit;

Therapie	Duur	Intensiteit
PMFT	15min	62Hz – 17,4 Watt
LLLT	14min	3,5 Watt - 367J/cm ²
PMFT	15min	35Hz – 4,2 Watt
LLLT	14min	3,5 Watt - 367J/cm ²
PMFT	15min	26Hz – 4,2 Watt
LLLT	14min	3,5 Watt - 367J/cm ²
LIPUS	20min	30mW/cm ² - 1MHz

Tabel 2: opbouw van een behandlesessie

Er wordt gewerkt met een pulserend magnetisch veld (PMFT - Curapuls 670), een laag vermogende laser (LLLT - Levelaser EZ1 easyone 5W 980nm) en ultrasound (LIPUS - Sonapuls 690 S). De instellingen zijn gekozen op praktisch based informatie van Brian Simpson en zijn afhankelijk van een aantal factoren zoals; hoe recent het trauma heeft plaatsgevonden, wat voor type fractuur het betreft en wat voor type patiënt het is (beroep, leeftijd, fysieke gesteldheid, prognostische factoren).

Het behandelprotocol wordt samengesteld door een multidisciplinair team bestaande uit: traumachirurg, gipsverband meester en een sportfysiotherapeut.



Afbeelding 7: PMFT: Curapuls 670



Afbeelding 8: LLLT: Levelaser EZ1 easyone 5W 980nm



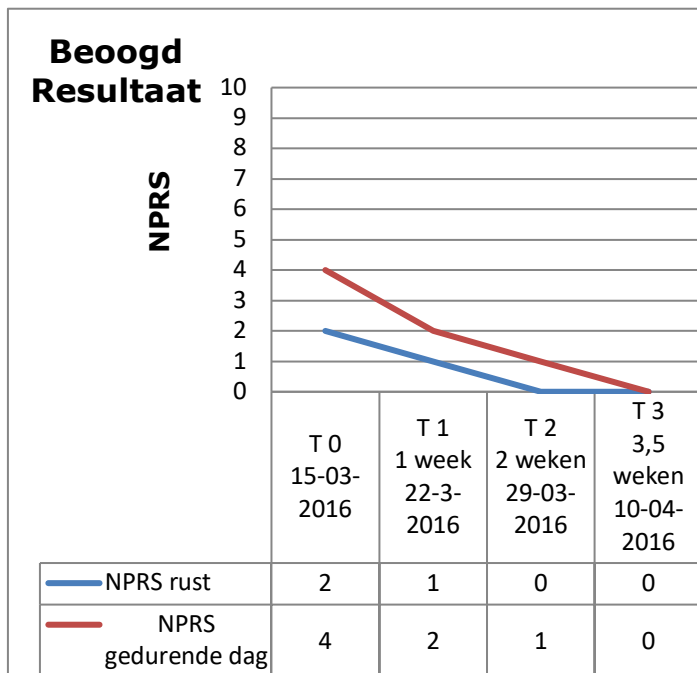
Afbeelding 9: LIPUS: Sonapuls 690 S

Beoogd resultaat

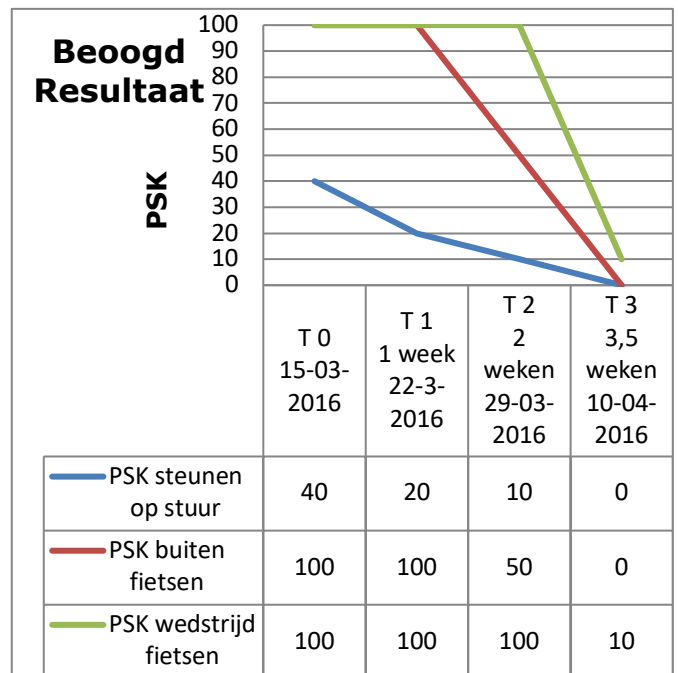
Het versnelt herstellen van de fractuur, zodanig dat deelnemen in competitieverband weer mogelijk is op 10 april 2016

Consolidatie fractuur		
Moment:		Beoogd resultaat:
	Datum	Omschrijving arts beeld röntgenfoto fractuur.
T0	15-03-2016	
T1	22-03-2016	Gedeeltelijke consolidatie van fractuur
T2	29-03-2016	Volledige consolidatie
T3	10-04-2016	

Tabel 3: Beoogd resultaat van behandeldoelstelling (consolidatie fractuur)



Tabel 4: Beoogd resultaat van behandeldoelstelling (NPRS)



Tabel 5: Beoogd resultaat van behandeldoelstelling (PSK)

Beoogd resultaat tijdlijn		T 0 15-3-2016	T 1 1 week 22-3-2016	T 2 2 weken 29-3-2016	T 3 3,5 week 10-4-2016
Reductie van pijn in rust	NPRS	2 --> 0-1			
Reductie van pijn gedurende de dag	NPRS	4 --> 1-2	1-2 --> 0-1		
Verbeteren steunen op het stuur tijdens fietsen	PSK	40 --> 20	20 --> 10	10 --> 0	
Verbeteren mogelijkheid tot buiten fietsen	PSK			100 --> 50	50 --> 0
Verbeteren mogelijkheid tot wedstrijd fietsen	PSK				100 --> 0-10

Tabel 6: Beoogd resultaat tijdlijn.

Resultaten.

De resultaten zijn opgemaakt op T0, 15 maart 2016 (20 dagen na ontstaan fractuur), op 22 maart 2016 (T1), op 29 maart 2016 (T2) en op 10 mei 2016 (T3).

NPRS

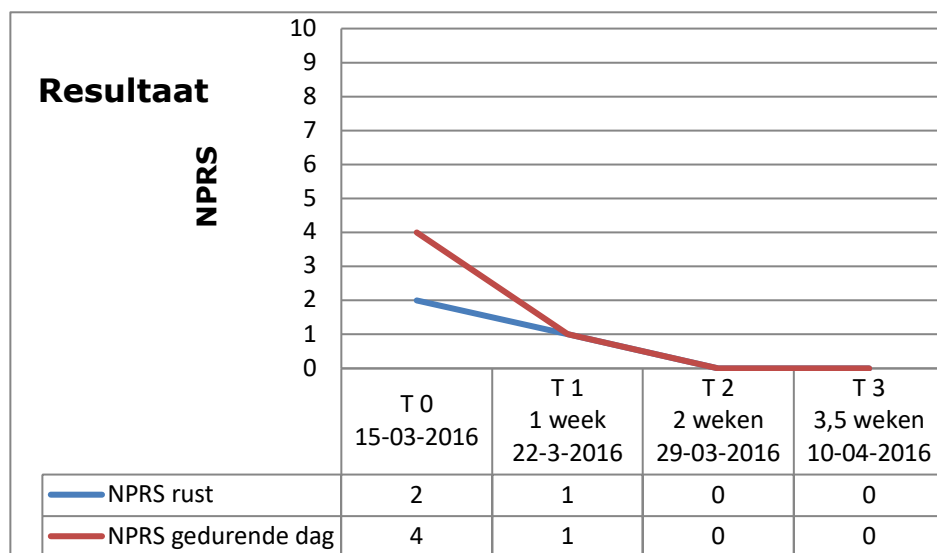
De NPRS 'pijn in rust' geeft op T0 een score van 2, op T1 een 1 en op T2 en T3 beide een 0. De NPRS 'pijn gedurende de dag' geeft op T0 een score van 4, op T1 een 1 en op T2 en T3 beide een 0.

Röntgenfoto

Röntgen geeft op T0 minimale consolidatie van de fractuur weer, op T1 is er volledige consolidatie van het bot zichtbaar. Bij T2-T3 is dit status quo.

De PSK 'steunen op het stuur tijdens fietsen' geeft op T0 40, op T1 30, op T2 10 en T3 5. De PSK 'buiten wielrennen' geeft op T0-T1 100 (onmogelijk), op T2 30 en op T3 0. De PSK 'wedstrijd fietsen' geeft bij T0-T1 100 (onmogelijk), op T2 60 en op T3 10.

Op 22 maart 2016, na de 2 behandelingen op 15 en 17 maart 2016, gaat de patiënt voor zijn volgende controlemoment (T1). Volgens röntgen en zijn medisch specialist is volledige consolidatie van het bot zichtbaar. De patiënt krijgt direct toestemming het buiten fietsen te hervatten. Op 2 april 2016 neemt de patiënt voor het eerst deel in wedstrijdverband, op 10 april 2016 rijdt de patiënt zijn hoofddoel.



Tabel 7: Resultaten NPRS.

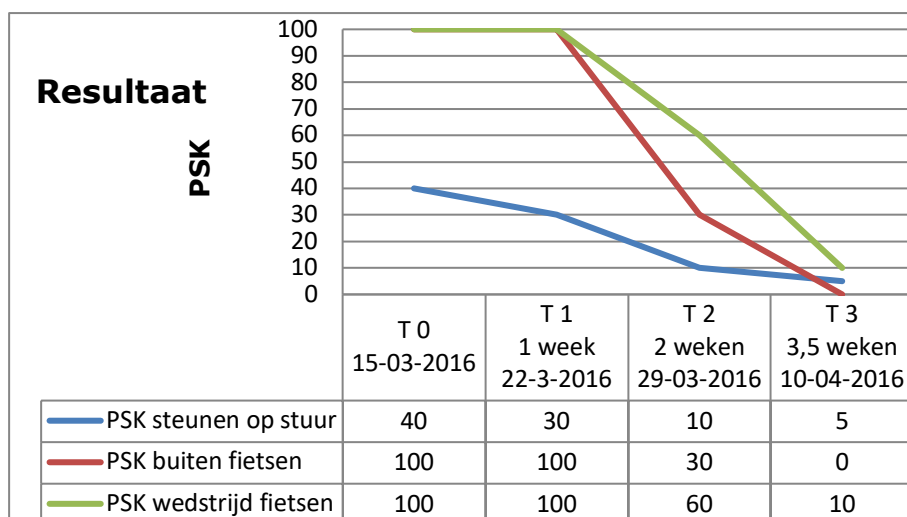


Afbeelding 10: Proximale radiushals fractuur (Mason type I), 15 maart 2016 (T0).

PSK



Afbeelding 11: Proximale radiushals fractuur (Mason type I), 22 maart 2016 (T1).



Tabel 8: Resultaten PSK

technieken
PMFT, LLLT en

Discussie

Dit case report is geschreven om inzicht te krijgen of een gecombineerde behandeling met de fysische technieken PMFT, LLLT en LIPUS daadwerkelijk een versnelt herstel mogelijk maken bij een proximale radius hals fractuur Mason type I van een professionele wielrenner. De prognose omtrent de breuk was 6-8 weken waarbij de 8^e week stond voor return to sport (23 april 2016). Wegens minimale consolidatie van het bot (interpretatie behandelend specialist op basis van röntgenfoto 15 maart 2016) besluit de patiënt op advies van de chiropractor van het team zich te laten behandelen met de fysische technieken PMFT, LLLT en LIPUS om zo zijn kansen op het rijden van zijn hoofddoel van dat jaar, een voorjaarswedstrijd op 10 april 2016 te vergroten. Behandelsessies vinden plaats op 15 en 17 maart 2016 voorafgaand aan T1 (22 maart 2016). De resultaten bij T1 laten een positief beeld zien. Behandelend medisch specialist concludeert volledige consolidatie waarbij de patiënt direct toestemming krijgt het buitenfietsen te hervatten. Het hoofddoel van de patiënt wordt overtroffen door het feit dat hij 1 week, voorafgaand aan zijn hoofddoel (10 april 2016) al kan deelnemen in competitieverband (2 april 2016).

Het is echter niet met zekerheid te zeggen of de verkorte hersteltijd geheel te wijden is aan de ondergane behandeling en de gebruikte

LIPUS. In de literatuur is er veel discrepantie over de exacte werking van de gebruikte fysische technieken opzich⁴³. Zo zijn er diverse theorieën die de werking proberen te verklaren maar geen enkele theorie kan met zekerheid vaststellen wat de afzonderlijke technieken op moleculair niveau precies doen²⁸⁻³³. PMFT en LIPUS zijn beide goedgekeurd door de FDA^{26,41-44}, maar toch wordt er voor het behandelen van een fractuur maar mondjesmaat een botstimulator gebruikt. Wisselende resultaten lijken daarvoor verantwoordelijk⁵⁷. Een oorzaak voor deze wisselende resultaten kunnen de instellingen, frequenties, de tijdsduur en het aantal behandelsessies zijn. Brian Simpson (persoonlijke communicatie, 18 maart 2017) geeft aan dat een juiste afstelling en instelling grotendeels bepalend is of er een mate van succes is. Een goed onderzoek met 'foutieve' instellingen geeft dan ook een negatieve resultaat.

Een ander belangrijke factor is, volgens Brian Simpson, de combinatie tussen de therapieën (persoonlijke communicatie, 18 maart 2017). Hier bereikt hij volgens zichzelf juist 'practiced based' veel resultaat mee. Opvallend genoeg is er geen enkel onderzoek beschikbaar die deze drie technieken in combinatie ook daadwerkelijk met elkaar heeft onderzocht. Mogelijk dat juist hier de succesfactor van de therapie zit. Naast het missen van een combinatie onderzoek en de vraag of er wel gebruik gemaakt wordt van de juiste instellingen vindt men in de literatuur vooral

veel onderzoek wat gedaan is op dieren^{34,36-37} en wordt er hoofdzakelijk onderzoek gedaan met tibia's en femur's, terwijl ieder bot zijn eigen structuur en functie heeft waardoor deze verschillend is in bouw, belastbaarheid en in weefselherstel. Resultaten van deze onderzoeken zijn dan ook niet 1 op 1 te vergelijken met andere beenderen in het lichaam. Ook is er geen exacte consensus over de te volgen behandel protocol bij een proximale radiushals breuk Mason type I. Zowel MD guidelines⁵, als traumaprotocol regio West⁴, als traumaprotocolboek Letsels van het steun- en bewegingsapparaat³ geven veel verschillen in behandelprotocol. De behandelend medisch specialist van de patiënt heeft zijn behandelplan dan ook gebaseerd op de richtlijn die geldt in het ziekenhuis waar hij werkzaam is (UZ Gent), ook speelt uiteraard de beoordeling van de röntgenfoto's van de patiënt hierbij een rol. Of een verkorte hersteltijd nu daadwerkelijk te wijden is aan een combinatie van gebruikte technieken is niet met zekerheid te zeggen, de resultaten lijken heel erg instellingsafhankelijk en er is nog nooit een combinatie onderzoek van de drie fysische technieken (PMFT, LLLT en LIPUS) uitgevoerd.

Naast de instellingen van de gebruikte technieken zijn er nog meer factoren die invloed kunnen hebben op het uiteindelijke behandelresultaat. Allereerst wordt de röntgenfoto zelf gezien als 'gouden standaard' om voortgang van een fractuur in kaart te brengen⁴⁵. De interpretatie van deze röntgenfoto is dit allerm minst, er zijn veel inter- en intrabeoordelaarsverschillen tussen de artsen. Het lezen van een röntgenfoto is dan ook specialistisch werk wat de juiste kennis en ervaring vereist, een multidisciplinair team is vervolgens nodig om de juiste conclusie te trekken en het behandelplan op te stellen. Ten tweede dient de hoek van opname precies gelijk te zijn met de vorige opname, een kleine verandering van hoek kan direct een afwijking van interpretatie opleveren. Ook wordt jong callus (vooral kraakbenig) pas zichtbaar op het moment dat deze zich meer mineraliseert. Deze mineralisatie zal niet bij iedereen hetzelfde verlopen tijdens het genezingsproces. Wij als mensen zijn uniek,

van opbouw, lichamelijke conditie en in herstel mogelijkheden, tel daar bij op dat geen enkel fractuur hetzelfde is en je hebt veel ongelijke factoren die van invloed kunnen zijn op de resultaten van een onderzoek. In de opzet van deze studie (N = 1) is geen vergelijkingsonderzoek mogelijk. Vooruitgang wordt afgemeten aan de vooropgestelde prognose en de kracht van het placebo effect is niet te meten doordat er geen controle groep aanwezig is. Aannemelijk kan zijn dat het herstel 'snel' verloopt door het feit dat de patiënt een profwielrenner is en deze een duidelijk doel heeft om voor te werken. Literatuurtechnisch is hier echter geen enkel bewijs voor om deze aanneme te bevestigen. Het is juist de sporter en de behandelend medisch specialist die twijfelen bij het beeldmateriaal van 15 maart 2016 (T0) of de doelstelling wel gehaald kan worden. Kortom, er zijn veel factoren zoals de interpretatie van de röntgenfoto en persoonlijke herstelfactoren die het moeilijk maken het precieze effect van de gebruikte technieken te verklaren.

Een verklaring van het resultaat, het versnelt herstellen van de fractuur, zou kunnen liggen in het feit dat de gebruikte therapieën het gewenste effect bereikt hebben. Maar zou ook even goed verklaard kunnen worden door de goede gezondheid van de patiënt zelf, het zelf herstellend vermogen om als topsporter sneller te kunnen genezen dan normaal. Daarnaast heeft de patiënt een enorme wil om het doel wat voor ogen staat te behalen of secundaire voorwaarde als bewegen, therapietrouw, voeding (niet roken en geen alcohol⁵⁸) en optimale rust in extremis na te leven. Als laatste kan een verklaring gezocht worden met de vraag hoeveel de patiënt daadwerkelijk belast en bewogen heeft buiten het gezichtsveld van de behandelaar om en klopt dit met hetgeen wat hij zelf heeft aangegeven richting de behandelaar.

De meerwaarde van dit case report is het inzicht verkrijgen in een nieuwe manier van behandeling met betrekking tot fracturen. Het eerder kunnen starten met behandelen lijkt een tijdswinst op te kunnen leveren voor de patiënt. Ook zou een eventuele delayed of

non-union voorkomen of behandeld kunnen worden. Daarnaast zouden zorgkosten bespaart kunnen worden doordat delayed of non-union breuken door middel van deze behandeling sneller kunnen herstellen, er zullen minder röntgenfoto's, vervolgooperaties en bottransplantaties nodig zijn. Ook kan de therapie uitkomst bieden wanneer er geen enkel ander behandeloptie meer is⁵⁸.

Een overweging bij een vervolg onderzoek is het gebruik van het meetinstrument VAS in plaats van de NPRS, dit omdat de VAS schaal beter in staat is kleine veranderingen aan te

tonen⁵⁹. In dit onderzoek is toch gekozen voor de vragenlijst NPRS omdat deze mondeling af te nemen is tijdens telefonisch contact.

Conclusie

De resultaten laten een verkorte hersteltijd zien van 3 weken ten opzichte van de gestelde prognose, 6-8 weken. Er is echter meer kwalitatief onderzoek nodig, bij voorkeur een Randomized Controlled Trial, om de bijdrage in het herstel van de gecombineerde behandeling met PMFT, LLLT en LIPUS te onderzoeken.

Literatuurlijst

1. Duckworth AD, Clement ND, Jenkins PJ, Aitken S, Court-Brown CM, McQueen M. The Epidemiology of Radial Head and Neck Fractures. *Injury*. 2012; 37(1), 1102-6.
2. de Muinck Keizer RJO, Walenkamp MJ, Goslings JC, Schep NWL. Mason Type I Fractures of the Radial Head. *Orthopedics*. 2015; 38(12): e1147-e1154.
3. van der Werken, C. Letsels van het steun- en bewegingsapparaat. 1st ed. Maarssen. Elsevier gezondheidszorg; 2000.
4. Schipper I, Molenaar T, Meulen vd H. Regionale traumaprotocolen Regio West. www.lumc.nl/org/traumacentrum-west/kenniscentrum/121031022731411/ (geraadpleegd op 4-3-2017).
5. MD guidelines. Fracture, Radius, Proximal. www.mdguidelines.com/fracture-radius-proximal (geraadpleegd op 20-2-2017).
6. Mason ML. Some observations on fractures of the head of the radius with a review of one hundred cases. *Br J Surg*. 1954; 42: 123–132.
7. Johnston GW. A follow-up of one hundred cases of fracture of the head of the radius with a review of the literature. Fracture and Orthopaedic Service, Royal Victoria Hospital, Belfast. 1963.
8. Harrison JWK, Chitre A, Lammin K, Warner JG, Hodgson SP. Radial head fractures in adults. *Current Orthopaedics*. 2007; 21(1), 59–64
9. de Morree JJ. Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Vierde, herziende druk, Bohn Stafleu Van Loghum, Houten/ Diegem. 2001.
10. Wolff J, The classic: on the inner architecture of bones and its importance for bone growth. *Clin Orthop Relat Res*. 2010; 468(4): 1056–65.
11. Huiskens R, Ruimerman R, van Lenthe, Janssen JD. Effects of mechanical forces on maintenance and adaptation of form in trabecular bone. *Nature*. 2000; 405.
12. Bassett CA, Becker RO. Generation of electric potentials by bone in response to mechanical stress. *Science*. 1962; 137(3535) 1063-4.
13. Yasuda I, Fukada E, On the piezoelectric effect of bone. *Journal of the physical society of Japan*. 1957; 12(10).
14. Wilkins KE. Principles of fracture remodeling in children. *Injury* 2005; 36(1).
15. Jones ET. Skeletal growth and development as related to trauma. *Skeletal Trauma in Children*. 2003; 6.
16. McGowan HJ, Seidenberg P, Beutler AL. Sports Medicine Resource Manual, 1st. 2007; p.147.
17. Macmahon P, Eustace SJ. General principles. *Semin Musculoskelet Radiol* 2006; 10(243).
18. Tsiridis E, Upadhyay N, Giannoudis P. Molecular aspects of fracture healing: which are the important molecules? *Injury*. 2007; 38(1):S11.

19. Dimitriou R, Tsiridis E, Giannoudis PV. Current concepts of molecular aspects of bone healing. *Injury* 2005; 36:1392.
20. Gaston MS, Simpson AH. Inhibition of fracture healing. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; 89:1553.
21. Herbertsson P, Josefsson PO, Hasselius R, Karlsson C, Besjakov J, Karlsson MK. Displaced Mason type I fractures of the radial head and neck in adults: a fifteen- to thirtythreeyear follow-up study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005; 14(1):73-77.
22. Duckworth AD, Watson BS, Will EM, Petrisor BA, Walmsley PJ, Court-Brown CM, et al. Radial head and neck fractures: functional results and predictors of outcome. *J Trauma.* 2011; 71(3):643-48.
23. Smits AJ, Giannakopoulos GF, Zuidema WP. Long term results and treatment modalities of conservatively treated Broberg-Morrey type 1 radial head fractures. *Injury.* 2014; 45(10):1564-68.
24. KNGF richtlijnen: <https://www.fysionet-evidencebased.nl/index.php/richtlijnen>, geraadpleegd op 10-07-2017.
25. Hannouche D, Petite H, Sedel L. Current trends in the enhancement of fracture healing. *The journal of bone and joint surgeryd.* 2001; 83B(2) :157-64.
26. Hannemann FF, Mommers EH, Schotse PM, Brink PRG. The effect of low-intensity pulsed ultrasound and pulsed electromagnetic fields bone growth stimulation in acute fractures: a systematic review and meta- analysis of randomized controlled trials. *Trauma Surgery.* 2014; 134(8), 1093-06.
27. Ehnert S, Falldorf K, Fentz AK, Ziegler P, Schrötera S, Freude T et al. Primary human osteoblasts with reduced alkaline phosphatase and matrix mineralization baseline capacity are responsive to extremely low frequency pulsed electromagnetic field exposure — Clinical implication possible. *Bone Reports.* 2015; 3 :48-56
28. Binhi N, Savin AV. Molecular gyroscopes and biological effects of weak extremely low-frequency magnetic fields. *American Physical Society.* 2002; 65(5).
29. Muehsam DJ, Pilla AA. A Lorentz model for weak magnetic field bioeffects: Part I—Thermal noise is an essential component of AC/DC effects on bound ion trajectory. *Bioelectromagnetics.* 2009; 30(6): 462-75.
30. Muehsam DJ, Pilla AA. A Lorentz model for weak magnetic field bioeffects: Part II—Secondary transduction mechanisms and measures of reactivity. *Bioelectromagnetics.* 2009; 30(6): 476-88.
31. Blank M, Goodman R. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. *International Journal of Radiation Biology.* 2011; 87(4): 409-15.
32. Cai J. Quantum probe and design for a chemical compass with magnetic nanostructures. *Phys. Rev.* 2011; 106(10).
33. Bawin SM, Kaczmarek LK, Adey WR. Effects of modulated VHF fields on the central nervous system. *Annals* 1975; p. 74-81.
34. Barbosa D, Villaverde AGJ, Arisawa EAL, Souza RA. Laser therapy in bone repair in rats: analysis of bone optical density. *Acta Ortop Bras.* 2014; 22(2), 71-4.
35. Ebrahimi T, Moslemi N, Rokn AR, Heidari M , Nokhbatolfoghahaie H, Fekrazad R. The Influence of Low-Intensity Laser Therapy on Bone Healing. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.* 2012; 9(4).
36. Bashardoust Tajali S, MacDermid JC, Houghton P, Grewal R. Effects of low power laser irradiation on bone healing in animals: a meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research.* 2010; 5:1.
37. Bjordal JM, Johnson MI, Iversen V, Aimbire F, Lopes-Martins RAB. Low-Level Laser Therapy in Acute Pain: A Systematic Review of Possible Mechanisms of Action and Clinical Effects in Randomized Placebo-Controlled Trials. *Photomedicine and Laser Surgery.* 2006; 24(2): 158-68.
38. Schofer MD, Block JE, Aigner J, Schmelz A. Improved healing response in delayed unions of the tibia with low-intensity pulsed ultrasound: results of a randomized sham-controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2010; 11:229.
39. Rubin C, Bolander M, Ryaby JP, Hadjiargyrou M. The Use of Low-Intensity Ultrasound to Accelerate the Healing of Fractures. *The journal of bone & joint surgery.* 2001; 83A (2): 259-70.

40. Childs, Sharon G. Stimulators of Bone Healing: Biologic and Biomechanical. *Orthopaedic Nursing*. 2003; 22(6): 421-28.
41. Griffin XL, Costa ML, Parsons N, Smith N. Electromagnetic field stimulation delayed union on non-union of long bone fractures in adults. *The Cochrane Library*. 2011.
42. Ebrahim S, Mollon B, Bance S, Busse JW, Bhandari M. Low-intensity pulsed ultrasonography versus electrical stimulation for fracture healing: a systematic review and network meta-analysis. *Canadian Journal of Surgery*. 2014; 57(3): 105-18.
43. Barry M. Low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) for promoting fracture healing. *ACC Research: Evidence-Based Healthcare Review*, 2014.
44. Buss JW, Kaur J, Mollon B, Bhandari M, Tornetta third P, Schunemann HJ et al. Low intensity pulsed ultrasonography for fractures: systematic review of randomized controlled trials. *BMJ*, 2009; 338, 351.
45. Nederlands huisartsen genootschap:
www.nhg.org/standaarden/samenvatting/fractuurpreventie, geraadpleegd op 20-3-2017.
46. Steiner WA, Ryser L, Huber E, Uebelhart D, Aeschlimann A, Stucki G. Use of the ICF model as a clinical problemsolving tool in physical therapy and rehabilitation medicine. *Physical Therapy*, 2002; 82(11), 1098-07.
47. Meetinstrumenten in de zorg. <https://meetinstrumentenzorg.blob.core.windows.net/test-documents/Instrument40/NPRS%20meetinstr.pdf>. Geraadpleegd op 6-3-2017.
48. Meetinstrumenten in de zorg. <https://meetinstrumentenzorg.blob.core.windows.net/test-documents/Instrument40/NPRS%20form.pdf>. Geraadpleegd op 6-3-2017.
49. Hjermstad MJ, Fayers PM, Haugen DF, Caraceni A, Hanks GW, Loge JH, et al. Studies Comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for Assessment of Pain Intensity in Adults: A Systematic Literature Review. *Journal of Pain and Symptom Management*. 2011; 41(6).
50. Stratford P, Gill, Westaway M, Binkley, J. Rehab Measures: Numeric Pain Rating Scale: <http://www.rehabmeasures.org/Lists/Admin%20fields/DispForm.aspx?ID=891>, geraadpleegd op 8-3-2017.
51. Beurskens. Meetinstrumenten in de zorg:
https://meetinstrumentenzorg.blob.core.windows.net/test-documents/Instrument206/206_3_N.pdf, 1996; geraadpleegd op 6-3-2017.
52. Dickmeis M, Frings P, Muller N, van Engelen EISM, Jungen MJH. Meetinstrumenten in de zorg: https://meetinstrumentenzorg.blob.core.windows.net/test-documents/Instrument206/206_1_N.pdf, 2014; geraadpleegd op 6-3-2017.
53. Beurskens AJ, de Vet HC, Köke AJ. Responsiveness of functional status in low back pain: a comparison of different instruments. *Maastricht universitair ziekenhuis*, 1996.
54. Van Der Laan K. Rehab Measures: Patient Specific Functional Scale: <http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=890>, geraadpleegd op 8-3-2017.
55. Röntgen WC. On a New Kind of Rays. *Science*. 1896; 3(59) 227-31.
56. Verhagen A, Alessie J. Evidence based diagnostiek van het bewegingsapparaat; https://books.google.nl/books?id=UpvdBgAAQBAJ&pg=PA120&lpg=PA120&dq=validiteit+van+R%C3%B6ntgenfoto&source=bl&ots=9V_Hp3rVFr&sig=Jb1wDNjY-tx6oQdzelpOOptcfp0&hl=nl&sa=X&ved=0ahUKEwiWj92ivuXSAhUHAZoKHRp5CGMQ6AEIJTAC#v=onepage&q=validiteit%20van%20R%C3%B6ntgenfoto&f=false, geraadpleegd op 22-3-2017.
57. Gan TY, Kuah DE, Graham KS, Markson G. Low-Intensity Pulsed Ultrasound in Lower Limb Bone Stress. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2014; 24(6): 457-60
58. Zura R, Watson JT, Einhorn T, Mehta S, Della Rocca GJ, Xiong Z, et al. An inception cohort analysis to predict nonunion in tibia and 17 other fracture locations. *Injury*. 2017.
59. Hjermstad MJ, Fayers PM, Haugen DF, Caraceni A, Hanks GW, Loge JH, Fainsinger R, et al. Studies Comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for

Assessment of Pain Intensity in Adults: A Systematic Literature Review. *Journal of Pain and Symptom Management*. 2011; 41(6).