

KOOTBEENFRACTUREN BIJ HET PAARD

Aantal woorden: 15.763

Salina van Steenbergen

Studentennummer: 01003970

Promotor: Prof. dr. Frederik Pille

Promotor: Prof. dr. Ann Martens

Onderdeel van de Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad master in de diergeneeskunde

Academiejaar: 2017 – 2018

Universiteit Gent, haar werknemers of studenten bieden geen enkele garantie met betrekking tot de juistheid of volledigheid van de gegevens vervat in deze masterproef, noch dat de inhoud van deze masterproef geen inbreuk uitmaakt op of aanleiding kan geven tot inbreuken op de rechten van derden.

Universiteit Gent, haar werknemers of studenten aanvaarden geen aansprakelijkheid of verantwoordelijkheid voor enig gebruik dat door iemand anders wordt gemaakt van de inhoud van de masterproef, noch voor enig vertrouwen dat wordt gesteld in een advies of informatie vervat in de masterproef.

Voorwoord

Het was in 2013 dat mijn paard door een buitengewoon ongelukkige manoeuvre zijn been brak. De diagnose van Dierenarts Dr. Henk van Dijk op basis van radiografische beelden was zeer helder: Kansloos: zijn kootbeen is compleet verbrijzeld, euthanasie is hier de enige mogelijkheid.

Toen ik een onderwerp voor mijn thesis moest kiezen besloot ik dat kootbeenfracturen bij paarden een interessant onderwerp zou kunnen zijn. Ik heb me er nader in verdiept en kwam tot de conclusie dat het geen zin heeft om verbrijzelde kootbeenblessures te onderzoeken omdat daar eigenlijk nauwelijks kans is op herstel. Het onderwerp werd daarom niet-verbrijzelde kootbeenfracturen bij paarden.

Maanden later weet ik nu veel meer van het onderwerp en begrijp ik dat acute, roterende krachten hun vernietigende uitwerking hebben gehad op het kootbeen van mijn paard. Die was niet meer te redden, maar misschien kan mijn onderzoek een klein beetje helpen om andere paarden te laten herstellen van iets minder ernstige breuken.

Deze thesis had ik niet kunnen schrijven zonder de inspirerende begeleiding van prof. Dr. Pille en prof. Dr. Martens. Hun deskundigheid en liefde voor het vak werkte voor mij erg motiverend. Verder ben ik veel dank verschuldigd aan Bart Terwel, onderzoeker/analist, die me tot diep in de nacht heeft geholpen met de uitvoering van de noodzakelijke statistische analyses.

Tot slot dank ik mijn ouders en mijn zus Isabel die me altijd hebben gesteund in het realiseren van mijn droom om dierenarts te worden. Niet alleen tijdens deze drukke laatste fase, maar tijdens mijn volledige studie. Nu is het bijna zover dat mijn droom werkelijkheid wordt.

Inhoudsopgave

Voorwoord	
Inhoudsopgave	
Samenvatting	5
1. Inleiding	6
1.1. Situering	6
1.2. Probleemstelling, doelstelling en afbakening	6
2. Literatuurstudie	8
2.1. Classificatie kootbeenfracturen	8
2.2. Factoren die het ontstaan van een kootbeenfractuur beïnvloeden	9
2.3. Klinische symptomen van kootbeenfracturen	11
2.4. Diagnose van een kootbeenfracturenfractuur	11
2.5. Behandeling van een kootbeenfractuur	14
2.6. Complicaties	18
2.7. Prognose en het resultaat van de behandeling	19
2.8. Conclusie literatuurstudie	21
3. Niet-verbrijzelde kootbeenfracturen bij paarden	22
3.1. Materiaal en methode	22
3.2. Resultaten	23
4. Discussie	27
4.1. Factoren waarvoor geen verband werd gevonden met het niveau van herstel	28
4.2. Factoren die wel invloed uitoefenen op het uiteindelijke resultaat	28
4.3. Vergelijking van renpaarden en warmbloedpaarden	30
Literatuurlijst	32
Bijlagen	34

Samenvatting

Het optreden van een kootbeenfractuur vormt een reëel risico voor een sportpaard: deze fracturen doen zich treedt regelmatig voor in alle disciplines van de paardensport en kunnen een grote invloed hebben op het verdere gebruik van het paard. De (grote) literatuurstudies die in dit onderwerp zijn gedaan richten zich met name op de volbloed renpaard populatie, terwijl ook bij de warmbloedsport paarden een kootbeenfractuur regelmatig gezien wordt.

In deze masterproef werd een retrospectieve studie uitgevoerd bij de paarden die tussen 2008 en 2017 voor een niet-verbrijzeld kootbeenfractuur werden behandeld aan de vakgroep Heelkunde en Anesthesie van de faculteit diergeneeskunde van de Universiteit Gent. Deze groep paarden bestaat voornamelijk uit warmbloed paarden die gebruikt worden in verschillende disciplines van de paardensport. Over deze paarden werd informatie verzameld via raadpleging van de database van de faculteit en via telefonische interviews van de eigenaren van de paarden. De aandacht richtte zich op informatie rond het ontstaan en de behandeling van de opgelopen fractuur, en het uiteindelijke resultaat van de behandeling. De verkregen informatie werd vervolgens statistisch en interpretatief geanalyseerd.

De bevindingen in deze studie komen grotendeels overeen met de literatuur over kootbeenfracturen. Zo bleken het type breuk en de keuze van behandeling belangrijk voor het uiteindelijke niveau van herstel. Op andere punten wijken de bevindingen af van de literatuur. Zo maakte in deze studie de lengte van de breuk niet uit voor het niveau van herstel. Ook leverde deze studie nieuwe inzichten op. Onder meer dat de leeftijd van het paard het niveau van herstel sterk lijkt te beïnvloeden en dat het aantal hospitalisatiedagen na een chirurgische behandeling een sterke indicatie oplevert voor het niveau van herstel.

Een belangrijk onderwerp binnen de studie was verder de vraag hoe chronische stress en acute inwerking van krachten op het kootbeen zich tot elkaar verhouden bij het optreden van kootbeenfracturen. Op basis van de bevindingen in dit onderzoek is de hypothese geformuleerd dat die verhouding zich in een brede range bevindt; naarmate het botweefsel kwetsbaarder is als gevolg van bepaalde fasen in het proces botadaptie zijn minder acute krachten nodig om een breuk te bewerkstelligen. Nader onderzoek is nodig om deze hypothese te toetsen, de studie geeft een aantal voorwaarden en suggesties voor dit nadere onderzoek.

1. Inleiding

1.1. Situering

Kootbeenfracturen zijn een regelmatig voorkomend probleem bij paarden. Breuken van het kootbeen (proximale phalanx of P1) doen zich voor in verschillende types en gradaties. In veruit de meeste gevallen echter begint de fissuur of breuk vanuit de proximale sagittale groeve van het kootbeen. In minder vaak voorkomende gevallen ontstaat de breuk niet vanuit de sagittale groeve, maar betreft het een fractuur van een ander deel van het kootbeen, zoals de laterale eminentia of de dorsale cortex. Deze beide type gevallen worden opgenomen in mijn onderzoek.

In het geval van complexe fracturen van het kootbeen wordt veelal verondersteld dat genezing met terugkeer als functioneel rijpaard niet mogelijk is, ongeacht de gekozen behandeling. Bij eenvoudige fracturen is een succesvolle behandeling vaak wel mogelijk. Terugkeer op het originele sportniveau blijkt dan in veel gevallen mogelijk. Of het originele sportniveau al dan niet wordt behaald hangt van meerdere factoren af zo blijkt uit de literatuur, waarbij het type behandeling van de breuk (conservatieve of chirurgische benadering) vooralsnog de meeste bepalende factor lijkt voor het uiteindelijke resultaat. Andere factoren die de functionaliteit van het paard na behandeling beïnvloeden zijn volgens de literatuur de aard van het gebruik van het paard, het optreden van complicaties tijdens de behandeling en de leeftijd van het paard.

1.2. Probleemstelling, doelstelling en afbakening

De literatuur over kootbeenfracturen biedt een (systematisch) overzicht van type breuken, mogelijke prognoses, mogelijke behandelmethoden en mogelijke eindresultaten. Deze beschrijving is echter vrijwel uitsluitend gebaseerd op onderzoek bij volbloed renpaarden. Kenmerkend voor deze specifieke populatie is dat dit paarden betreft die absolute topprestaties moeten leveren die gepaard gaan met grote financiële belangen.

Bij warmbloedpaarden is het onderzoek naar kootbeenfracturen nog zeer beperkt. Hoewel de financiële belangen van deze populatie minder groot zijn, is het wel interessant om te analyseren of de bevindingen voor renpaarden ook gelden voor deze groep. Ten eerste omdat kootbeenfracturen ook bij warmbloedpaarden veelvuldig voorkomen, maar ook omdat de groep warmbloedpaarden zeer omvangrijk is. Daarnaast is het ook wetenschappelijk interessant. Overeenkomsten of verschillen in bevindingen tussen renpaarden en warmbloedpaarden leveren nieuwe kennis op die voor beide groepen kan bijdragen aan het stellen van een juiste diagnose, behandelmethode en prognose bij een kootbeenfractuur.

Deze studie wil primair een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van kennis over kootbeenfracturen bij warmbloedpaarden en richt zich specifiek op de niet-verbrijzelde fracturen van de proximale phalanx. De complexe verbrijzelde fracturen blijven dus buiten beschouwing. Een antwoord zal worden gezocht op de volgende centrale onderzoeksvraag:

Welke factoren beïnvloeden het uiteindelijke niveau van herstel bij verschillende types niet-verbrijzelde kootbeenfracturen bij paarden behandeld aan dit type breuk aan de universiteit Gent in de periode 2008-2017 en in welke mate komen de bevindingen uit deze populatie overeen met de literatuur over kootbeenfracturen die voornamelijk geënt is op onderzoek bij volbloed renpaarden?

Een antwoord op deze vraag zal gezocht worden door een verkennende literatuurstudie uit te voeren naar kootbeenfracturen in meer algemene zin. Daarnaast zal een analyse uitgevoerd worden van de data die beschikbaar zijn over patiënten die aan de vakgroep Heelkunde en Anesthesie van de Huisdieren van de Universiteit Gent in de periode 2008 tot en met 2017 zijn behandeld voor een P1

fractuur. Deze populatie bestaat hoofdzakelijk uit (warmbloed) paarden die niet worden gebruikt voor rennen.

Er zal systematisch in kaart worden gebracht welke voortekenen zich voorafgaand aan de breuk voordeden, welk type breuk er is opgetreden, welke behandelmethodes werden toegepast, welk niveau van genezing is behaald en welke andere factoren de genezing hebben beïnvloed.

Naast het raadplegen van de op de universiteit beschikbare data uit de patiëntenadministratie zal informatie opgevraagd worden bij eigenaren van deze patiënten via een gestructureerd telefonisch interview. De studie zal afgerond worden met een vergelijking van de bevindingen uit deze analyse gericht op voornamelijk warmbloedpaarden (niet gebruikt voor rennen), met de bevindingen in de literatuur (volbloed renpaarden). Doel van deze vergelijking is te bepalen of, en zo ja in welke mate, de beschikbare kennis over kootbeenfracturen in de literatuur toepasbaar is voor de behandeling van warmbloedpaarden met een P1 fractuur. In geval mocht blijken dat de studie onvoldoende informatie oplevert om deze vraag (volledig) te beantwoorden, dan zal een voorstel geformuleerd worden voor vervolgonderzoek.

2. Literatuurstudie

2.1. Classificatie kootbeenfracturen

Proximale phalanx fracturen zijn een regelmatig optredende blessure bij paarden. Vooral renpaarden lopen dit type breuk op: in verschillende studies worden kootbeenfracturen beschreven als de meest voorkomende breuk bij dit type paard. P1 fracturen zijn ofwel compleet of incompleet (= barst of fissuur). De complete fracturen kunnen verder onderverdeeld worden als enkelvoudige of meervoudige fracturen (Auer, 2012; Coppens, 2012; Smith en Wright, 2013).

Concreet worden de volgende types breuken onderscheiden:

Enkelvoudig, incomplete fractures

Deze fissuren van de proximale phalanx beginnen in veruit de meeste gevallen vanuit de proximale sagittale groeve en kunnen sterk variëren in lengte. Er wordt gesproken van korte kootbeenfissuren als de breuk minder dan 30 mm lang is, en van lange kootbeenfissuren in het geval van een breuk vanaf 30 mm in lengte (Markel en Richardson, 1985; Ellis et al., 1987). Bij een incomplete breuk zal de fissuurlijn slechts één cortex penetreren. In het geval van de meest voorkomende incomplete breuk vanuit de proximale sagittale groeve zal de breuk de proximale cortex penetreren en dus intra-articulair zijn in het kogelgewricht.

Enkelvoudige, complete fractures

Bij dit type breuk is er sprake van één fractuurlijn, die meestal proximaal intra-articulair start en vervolgens distaal ofwel intra-articulair ofwel in de cortex van de diafyse eindigt, wat maakt dat twee fragmenten ontstaan. Deze fragmenten kunnen in meer of mindere mate verplaatst zijn.

Meervoudige, complete fractures

Deze fracturen worden, voornamelijk in complexere gevallen, ook 'comminuted' of verbrijzelde fracturen genoemd. Er zijn meerdere (complete) breuklijnen, die maken dat er drie of meer fragmenten aanwezig zijn. Deze fragmenten kunnen eveneens in meer of mindere mate verplaatst zijn. Belangrijk bij dit type fracturen is het al dan niet aanwezig zijn van een intacte beenkolom van het kootbeen, die reikt van het kogelgewricht tot aan het kroongewricht. Indien er geen intacte beenkolom meer aanwezig is, dan kan een verbrijzelde fractuur leiden tot een collaps van het kootbeen. De verbrijzelde fracturen kunnen een grote variatie in complexiteit hebben, van vrij eenvoudige fracturen met slechts enkele grote fragmenten tot zeer complexe fracturen waarbij een groot aantal kleine fragmenten aanwezig is (McClure et al., 1994; Kraus et al., 2004). Dit laatste type fractuur treedt in de regel op onder zogenaamde 'high-energy' omstandigheden, waarmee bedoeld wordt dat op het ogenblik dat de breuk optreedt er veel energie in het been opgestapeld is ten gevolge van een hoge belasting.

Enkelvoudige, incomplete fractures uitgaande van de proximale sagittale groeve komen het meeste voor, gevolgd door meervoudige, complete fractures. Veruit de meeste fractures zijn van het gesloten type. Een onbehandelde incomplete breuk kan evalueren tot een (meervoudige) complete fractuur (Nixon, 2012).

2.2. Factoren die het ontstaan van een kootbeenfractuur beïnvloeden

2.2.1 Kenmerken van (ren)paarden

Zoals reeds eerder opgemerkt richt de literatuur over kootbeenfracturen zich vooral op (volbloed) paarden die in races worden gebruikt. Uit de literatuur blijkt dat deze volbloeden en dravers gepredisposeerd zijn voor het oplopen van dit type breuk, die voornamelijk ontstaat op de leeftijd van twee of drie jaar (Markel en Richardson, 1985; Ellis et al., 1987).

Er is geen geslachtsprevalentie. Het overgrote deel van de renpaarden ontwikkelt een P1 fractuur tijdens de training, maar soms ook tijdens de ren. Er lijkt geen verhoogd aantal kootbeenfracturen aangetroffen te worden bij bepaalde trainers, of bij bepaalde stamboeklijnen. Wel stijgt het voorkomen van deze fracturen tijdens de periode dat er op gras wordt gerend. De fractuur treedt bij renpaarden in 75% van de gevallen t.h.v. een voorbeen op (Ellis et al., 1987). In de beperkte studies uitgevoerd naar P1 fracturen bij niet-renpaarden blijkt eveneens dat in de meerderheid van de gevallen een voorbeen is aangetast. Dit lijkt echter niet zo uitgesproken als bij de renpaarden (59% van de gevallen volgens *Brünisholz et al., 2015*).

Uit een retrospectieve studie in een niet-renpaard populatie blijkt dat een opgelopen incomplete kootbeenfractuur zich bij deze paarden vaak verschillend uit vergeleken met renpaarden. De kreupelheid is bij de niet-renpaarden vaak minder acuut en op het moment van aanbieden van de patiënt bestaat de kreupelheid soms al meerdere weken tot meer dan een jaar (*Brünisholz et al., 2015*). In het geval van meer complexe breuken is de symptomatologie gelijkaardig en is er een acute, ernstige kreupelheid te zien, vaak zonder steun name op het aangetaste lidmaat.

Hoewel bovenstaande factoren een belangrijke invloed zullen uitoefenen op het ontstaan van kootbeenfracturen, spelen ook biomechanische principes een zeer belangrijke rol bij het ontstaan van P1 fracturen bij (ren)paarden. Enerzijds wordt gesproken over inwerkingen van acute krachten op het moment zelf, terwijl anderzijds de chronische inwerking van krachten op het been een zekere predisponerende invloed zal uitoefenen op het bot zelf, en op het ontstaan van de fractuur (*Singer et al., 2013; Brünisholz et al., 2015; Noble et al., 2016*).

2.2.2 Acute biomechanische krachten

Bij het belasten van het distale lidmaat van een paard is er sprake van verschillende krachten die inwerken op het lidmaat. Volgens *Singer et al. (2015)* zijn er drie verschillende bewegingsrichtingen die een belangrijke invloed hebben:

- De axiale rotatie. Door deze kracht roteert de proximale phalanx rond zijn lengteas naar buiten (exorotatie) of naar binnen (endorotatie).
- De zijdelingse beweging. Dit is de laterale of mediale beweging van de proximale phalanx ten opzichte van het pijpbeen.
- De extensiehoek. Dit is de hoek tussen het pijpbeen en kootbeen ter hoogte van het kogelgewricht.

Een belangrijke factor in het ontstaan van P1 fracturen is het feit dat verschillende krachten, gelijktijdig en in deze verschillende richtingen grotere spanning oproepen in het kootbeen. Wanneer een axiale rotatiekracht wordt uitgeoefend op de proximale phalanx en er tegelijkertijd een zijdelingse beweging plaatsvindt, terwijl de kogel zich in maximale extensie bevindt, dan neemt de botspanning in de proximale phalanx zeer sterk toe. Tevens wijzigt onder dergelijke omstandigheden de richting van de botspanning. Deze combinatie van factoren zou de kootbeenfractuur kunnen veroorzaken.

2.2.3 Geleidelijke biomechanische krachten

Naast de acuut inwerkende krachten op P1 lijkt ook een *meer geleidelijk* biomechanisch proces belangrijk te zijn voor het al dan niet ontstaan van P1 fracturen. Dit betreft het geleidelijke proces van botadaptatie van de subchondrale beenplaat van het kootbeen als gevolg van de chronische inwerking van krachten op het been. Beenweefsel is een dynamisch weefsel dat zich aanpast en ontwikkelt onder invloed van (chronische) omstandigheden. Onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat de subchondrale beenplaat van het kootbeen dikker wordt als gevolg van de zeer intensieve training van volbloed renpaarden (Tóth et al., 2013; Brünisholz et al., 2015; Noble et al., 2016).

In een recent onderzoek (2016) van *Noble et al.* werd de verandering van de subchondrale beenplaat vergeleken tussen drie verschillende groepen paarden. De eerste groep waren renpaarden die een P1 fractuur hadden opgelopen. Van deze paarden werd het contralaterale lidmaat genomen voor het onderzoek, omdat men in eerdere studies heeft aangetoond dat de krachten op het linker en rechter lidmaat min of meer gelijk zijn. De tweede groep bestond uit paarden met een vergelijkbaar niveau van training, maar die geen kootbeenfractuur hadden opgelopen in hun leven, maar geëuthanaseerd waren om niet-orthopedische redenen. De derde groep bestond uit paarden (volbloed/warmbloed kruisingen) die in hun leven niet gebruikt werden voor races, en geëuthanaseerd werden voor niet-orthopedische redenen. De ledematen werden na euthanasie verzameld. Vervolgens werd met behulp van computertomografie de dikte en de mineralendichtheid van de subchondrale beenplaat gemeten op verschillende vooraf bepaalde vaste locaties in de beenplaat.

Dit onderzoek leverde de volgende bevindingen op. De metingen van de subchondrale beenplaat (SCB) waren niet in alle groepen paarden gelijk, maar vertoonden significante verschillen tussen de getrainde paarden en niet getrainde paarden: Getrainde renpaarden (zowel met als zonder opgelopen fractuur) hadden een dikkere SCB met een verhoogde mineralen dichtheid vergeleken met paarden niet in training voor races.

Een zeer opmerkelijke bevinding betrof een verschil tussen de (voor rennen) getrainde paarden die wel een fractuur hadden opgelopen en de getrainde paarden die geen fractuur hadden opgelopen. De botdensiteit werd gemeten op verschillende plaatsen in de SCB, en hieruit bleek dat de waargenomen waardes niet overal in de beenplaat gelijk waren. Met name in de groep paarden die een contralaterale fractuur hadden opgelopen, was er een grotere variatie in de gevonden waarden voor de botdensiteit. In het onderzoek van *Noble et al.* (2016) is het verband tussen de mate van variatie in de dichtheid van de subchondrale beenplaat en het ontstaan van de breuk aanmerkelijk sterker (correlatie is groter) dan het verband tussen breuk en verdikking van de subchondrale beenplaat van de P1. Hoewel ze tevens een (geringe) correlatie vaststellen tussen dikte en dichtheid concluderen zij dat niet zozeer de kwantiteit (mate van verdikking) maar de kwaliteit van de subchondrale beenplaat (mate van variatie in dichtheid) de onderscheidende factor vormt voor het al dan niet optreden van een breuk, uiteraard in samenhang met een acute inwerking van krachten op het bot.

Deze waarneming van *Noble et al.* (2016) lijkt aan te sluiten bij de inzichten die bekend zijn over het proces van functionele botadaptatie als reactie op training. Bij intensieve training ontstaan er microscheurtjes in het bot: dit is onderdeel van een normaal proces. Als reactie hierop ondergaan de zones rond deze microfracturen allereerst botresorptie: osteoclasten en macrofagen zullen in deze fase het beschadigde en afgestorven beenweefsel verwijderen. Vervolgens worden de microfracturen hersteld door de vorming van nieuw gemineraliseerd beenweefsel, wat de defecten zal opvullen (botadaptie) (Lopez en Markel, 2012).

In de primaire fase van dit herstelproces vindt dus voornamelijk botresorptie plaats, waardoor er in de subchondrale beenplaat focale (micro)zones kunnen ontstaan waar het bot (tijdelijk) minder dens

is dan andere zones in de SCB. Aangenomen wordt dat deze zones in deze fase van het proces brozer zijn, en daardoor (tijdelijk) meer kwetsbaar. Dit uit zich in een beenplaat die een meer poreus uitzicht heeft, waarin bepaalde microzones van het bot een hogere mate van densiteit hebben dan andere. Het is deze variatie in densiteit die volgens *Noble et al. (2016)* de belangrijkste predisponerende factor vormt voor het ontstaan van kootbeenfracturen.

Belangrijk in deze bevindingen is dat het proces van botadaptie, als gevolg van intensieve race-training een normaal verloop kent. Echter, in dit normaal proces van bot-re modellering neemt in de subchondrale beenplaat in een bepaalde fase de variatie in densiteit toe. Wanneer (juist) in deze fase hoge botspanningen plaatsvinden in dit gebied in het been neemt de kans op kootbeenfracturen toe. Aangenomen wordt dat om die reden paarden met een meer homogene structuur van de subchondrale beenplaat (paarden getraind voor races zonder opgelopen fractuur) beter gewapend zijn tegen hoge botspanningen dan de paarden die intensief worden getraind en een botfractuur opliepen (Noble et al, 2016).

2.3.Klinische symptomen van kootbeenfracturen

De klinische uitingen van het paard na het oplopen van een *enkelvoudige fractuur* van de proximale phalanx kunnen zeer sterk variëren.

In de studies van *Kuemmerle et al. (2008)* en *Brünisholz et al. (2015)* waarin specifiek incomplete kootbeenfracturen bij niet-renpaarden werden onderzocht, wordt gesproken van een mild tot matig optreden van mankheid, wat typisch zou zijn voor niet-renpaarden met dit type fissuur. Er wordt dan gezien dat er een langere periode zit tussen het optreden van de breuk en de uiteindelijke diagnose.

In andere studies wordt er gesproken over een mate van mankheid die zeer variabel kan zijn in het geval van *complete en incomplete enkelvoudig fracturen*. Volgens *Ellis et al. (1987)* treedt in de meeste gevallen een ernstige kreupelheid op. Soms wordt echter ook gezien dat een opzetting van het kogelgewricht en een gevoeligheid voor palpatie en manipulatie van de kogel de enige klinische tekenen zijn.

In het geval er een zeer ernstige kreupelheid optreedt kan er verlies van steun name op het aangetaste lidmaat zijn: het paard staat op drie benen. De mankheid kan acuut ontstaan of kan evalueren in ergheid over een periode. Palpatie en flexie van de kogel is meestal pijnlijk (Ellis et al., 1987; Stover et al., 2017).

In het geval van een *meervoudige fractuur* van de P1 uit dit zich vrijwel steeds in een onmiddellijk optredende en (zeer) ernstige kreupelheid, waarbij het paard in vele gevallen geen enkele steun name neemt op het aangetaste lidmaat. Ook ontwikkelt zich binnen afzienbare tijd een duidelijke zwelling, tenzij er een drukverband of gips wordt aangelegd (Nixon, 2012).

2.4.Diagnose van een kootbeenfractuur

Radiografisch onderzoek

Om de diagnose van een kootbeenfissuur of -fractuur bij een paard te kunnen stellen, worden in de meeste gevallen radiografische opnamen gemaakt van het aangetaste lidmaat. Op zijn minst een latero-mediale en een dorso-palmaire of dorso-plantaire opname van het kogelgewricht (metacarpometatarsophalangeale gewricht) moeten gemaakt worden voor een correcte diagnosestelling. Deze kunnen uitgebreid worden met oblique opnames als 15° proximodistaal, dorsomediaal-palmaro-/plantarolateraal en dorsolateraal-palmaro-/plantaromediaal oblique. Ook kan het nuttig zijn om

proximodorsaal-palmaro/plantarodistale opnames te nemen onder verschillende hoeken om de fractuurlijn beter weer te geven (Nixon, 2012).

Het meest voorkomende type proximale phalanx fractuur, de midsagittale incomplete of complete fractuur, zal het best zichtbaar zijn op de dorsopalmaire/-plantaire opname. Op de opnames moet gekeken worden naar de lengte van de breuklijn(en), het aantal breuklijnen, de betrokkenheid van de verschillende cortices van de P1 en de betrokkenheid van de gewrichten (het kogelgewricht en het kroongewricht).

Een meer chronische fractuur of fissuur zal leiden tot veranderingen in het kootbeen die op radiografieën opgemerkt kunnen worden. Er kan in dit geval periostale nieuwbeenvorming aanwezig zijn, osteoartrose van het kogelgewricht en er kan ook sclerose rond de fractuurlijn en/of subchondraal gezien worden, met een eventuele verdikking van de subchondrale beenplaat (Brünisholz et al., 2015).

Zoals eerder vernoemd kunnen er door chronische inwerking van krachten op het kootbeen veranderingen in dit bot ontstaan. Praktisch leidt dit tot enkele adaptaties in het kootbeen en meer specifiek in de proximale subchondrale beenplaat van de P1, die in sommige gevallen op te merken kunnen zijn op radiografische opnames. Als tekenen worden een toename van de dikte van de subchondrale beenplaat en subchondrale sclerose genoemd, ontwikkeling van periostale nieuwbeenvorming en ontwikkeling van osteoartrose in het kogelgewricht (Dyson et al., 2011; Brünisholz et al., 2015). Ook in de studie van *Ramzan en Powell (2010)*, waarin 3 volbloed renpaarden werden besproken, wijzen de klinische bevindingen en de medische beeldvorming op een zeer vroeg opgemerkte P1 fissuur in ontwikkeling, die aan het ontstaan is door de inwerking van chronische stress omstandigheden.

In de literatuur zijn er tegengestelde meningen over de betrouwbaarheid van het aantonen van vroegtijdige tekenen van een kootbeen fractuur op röntgenopnames. Volgens de studie van *Smith en Wright (2013)* in een populatie van 110 volbloed renpaarden die een fractuur hadden opgelopen, bleek dat het aangetaste been een significant dikkere subchondrale beenplaat had in 14% van de gevallen, vergeleken met het contralaterale lidmaat. Dit wijst in deze gevallen op een chronische oorzaak van het ontstaan van de fractuur en niet op een (uitsluitend) acute biomechanische inwerking van krachten (Smith en Wright, 2013; Smith en Wright, 2014).

In andere studies worden radiografische opnames echter als duidelijk minder betrouwbaar benoemd dan MRI en CT, in het aantonen van voortekenen en chronische tekenen van met name korte kootbeenfissuren (Ramzan en Powell, 2010; Dyson et al., 2011; Brünisholz et al., 2015).

Indien er sprake is van een multipole breuk zal gekeken moeten worden naar het aantal en de grootte van de fragmenten, en de aanwezigheid van een intacte beenkolom, omdat dit een sterke invloed heeft op de prognose van het paard.

In het geval van acute, incomplete fracturen is de fissuurlijn soms niet direct zichtbaar op radiografische opnames. Door het proces van botheling, waarbij in de eerste fase het beschadigde, afgestorven bot door osteoclasten en fagocyten wordt verwijderd wordt de fissuurlijn na zeven tot tien dagen wijder en dus duidelijker zichtbaar (Brünisholz et al., 2015).

Computer tomografie en Magnetic resonance imaging

Een CT opname van het kootbeen geeft een meer nauwkeurige weergave van de breuklijn(en). Hierdoor bekomt men meer informatie over de lengte van de breuk, de complexiteit van de fractuur en de botreactie rond de breuk. Met name zeer korte P1 fissuren kunnen gemakkelijk gemist worden op radiografische opnames, terwijl deze met CT wel gevisualiseerd kunnen worden. Belangrijk is dat niet alleen de lengte van de fissuur in de proximo-distale richting weergegeven wordt, maar ook de

algehele configuratie. Met CT kan gezien worden hoe lang de breuklijn is in dorso-palmaire/plantaire richting, en ook of enkel de dorsale of enkel de palmaire/plantaire cortex betrokken is in de breuk, beiden of geen van beiden. Uit de studie van *Brünisholz et al. (2015)* bleek dat er een verschil in configuratie is tussen voorbenen en achterbenen van de warmbloedpaarden die onderzocht werden. De kootbeenfissuren die ontstonden in een voorbeen hadden meestal een meer dorsale locatie in de dorso-palmaire as van het kootbeen, terwijl de fissuren in de achterbenen een meer plantaire oorsprong hadden.

Uit deze studie, waar CT-resultaten werden vergeleken met radiografische resultaten van hetzelfde been, bleek hiernaast dat er een groot verschil was tussen de waardes die gevonden werden op hetzelfde been betreffende de aan- of afwezigheid en gradatie van periostale nieuwbeen vorming, sclerose van de subchondrale beenplaat, osteoartrose van het kogelgewricht en de aanwezigheid van subchondrale been cysten. Aangezien dit prodromale tekenen zijn alvorens de fissuur ontstaat wijst dit onderzoek erop dat het radiografisch onderscheid tussen fracturen ontstaan door een acute inwerking van krachten en fracturen ontstaan door een chronisch adaptatie proces (“stressfracturen”) erg moeilijk te maken is. De conclusie van *Brünisholz et al.* is dat radiografische opnames niet specifiek en sensitief genoeg zijn om deze voortekenen weer te geven en dat CT-onderzoek aangewezen is (*Brünisholz et al., 2015*).

MRI en CT opnames van het been leiden tot een meer specifieke en ook meer betrouwbare weergave van de fractuur en van de benige veranderingen in het kootbeen. In de studie van *Dyson et al. (2011)*, waarin met MRI wordt gekeken naar subacute tot chronische veranderingen bij korte P1 fissuren uitgaande van de sagittale groeve worden soms veranderingen aangetroffen zonder daadwerkelijke zichtbare fissuurlijn. De resultaten betreffende dit type fissuren zijn gelijkaardig met de resultaten van de studie van *Brünisholz et al. (2015)*, met als verschil dat in de laatstgenoemde studie CT-beelden worden geanalyseerd. In de CT-studie werd in geen enkel geval voortekenen van een P1 fractuur aangetroffen zonder aanwezigheid van een daadwerkelijke fractuurlijn. *Brünisholz et al.*, hypothetiseren dit op twee manieren: Ofwel is er in de studie van *Dyson et al.* wel sprake van een situatie waarbij veranderingen optreden ten gevolge van chronische stress omstandigheden van het kootbeen waarbij (nog) geen fractuur is opgetreden, ofwel is CT gevoeliger is dan MRI voor het detecteren van korte fissuren. Verschillende studie hebben dit laatste al aangetoond (*Ganiusufoglu et al., 2010; Dyson et al., 2011; Brünisholz et al., 2015*).

Buiten de diagnose van P1 fracturen heeft CT ook zijn nut in het specifieke geval van multipole complete fracturen van de proximale phalanx. Met behulp van CT kan een zeer nauwkeurige evaluatie van de grootte en de locatie (mate van verplaatsing) van de verschillende fragmenten bepaald worden. Dit is belangrijk voor het bekomen van een zo correct mogelijke reductie en fixatie van de fragmenten tijdens de chirurgie, door middel van het plaatsen van schroeven (*Perrin et al., 2011*).

Deze factoren maken dat een CT scan in de diagnose van kootbeenfracturen in de meeste gevallen de voorkeur verdient ten opzichte van röntgenfoto's en MRI. Dit geldt overigens niet alleen voor breuken van de proximale phalanx maar ook voor andere breuken. Om economische redenen beperkt men zich echter in vele gevallen tot radiografische opnames voor het stellen van een diagnose.

2.5. Behandeling van een kootbeenfractuur

2.5.1 *Behandeling van enkelvoudige incomplete fracturen*

In het geval een fissuur optreedt van het kootbeen zijn er twee opties qua behandeling: de conservatieve benadering of de chirurgische behandeling die in dit geval bestaat uit interne fixatie d.m.v. compressieschroeven.

Als basis voor een conservatieve behandeling geldt 2 maanden volledige boxrust, gevolgd door één maand stappen aan de hand. Tijdens de eerste vier weken kan een bandage of gips aangebracht worden. Het eerst geplaatste gips zou gewisseld moeten worden na 3 tot 4 dagen, omdat tijdens deze tijd de initiële zwelling vermindert wat leidt tot een loszittend gips. Niet alleen leidt dit tot een verminderde stabilisatie van het lidmaat, ook kan dit leiden tot meer schade en druknecrose aan de weke weefsels onder het gips. Het lidmaat moet zolang als een gips ter plaatste blijft dagelijks geëvalueerd worden op goede steun name, tekenen van zwelling proximaal van het gips, warmte van het lidmaat, afwijkende geurafscheiding. Afwijkingen in deze factoren zijn tekenen van schade aan de weke weefsels en necrose onder het gips, en zijn een indicatie voor het verwijderen van het gips. Indien geen van deze veranderingen optreedt kan het gips 5 tot 6 weken ter plaatste blijven alvorens een gipswissel dient te gebeuren. Indien de interval tussen de gipswissels langer kan zijn resulteert dit veelal in lagere kosten, alsook in betere resultaten (Auer, 2012).

Deze periode van rust kan eventueel gecombineerd worden met het toedienen van niet-steroïdale ontstekingsremmers, zoals Phenylbutazone per oraal, of met intra-articulaire behandeling van het kogelgewricht.

Behandeling met bifosfonaten

In sommige gevallen kan bij conservatieve therapie een aanvullende behandeling met bisfosfonaten aangewezen zijn. Bij paarden is tiludranate de meest bekende vorm. Deze stof heeft een invloed op het proces van botresorptie door een effect op de osteoclasten die hiervoor verantwoordelijk zijn. Het idee is dat door remming van de osteoclasten, de osteoblasten meer kans krijgen hun functie uit te oefenen waardoor netto het evenwicht van het botmetabolisme meer naar de kant van botopbouw komt te liggen. Hiernaast hebben bifosfonaten ook een analgetisch en een anti-inflammatoir effect. Ook is bekend dat er een effect is op andere weefsels, zoals kraakbeen. Aangezien dit product nog erg weinig onderzocht is bij paarden, zijn er nog veel onduidelijkheden betreffende het gebruik ervan bij deze dieren. Een hypothese is dat door het gebruik van bifosfonaten een remmend effect op het ontstaan van stress-gerelateerde fracturen kan worden bekomen. Zoals eerder al genoemd is een stressfractuur een gevolg van chronisch inwerkende krachten op het bot, wat microfissuren in het beenweefsel tot gevolg heeft. Als reactie op deze inwerking gaat het bot remodeleren. De eerste fase in dit proces is botresorptie van het weefsel wat beschadigd is. Het is echter een misvatting dat het ontstaan van microfracturen met kans op een latere stressfractuur verhinderd kan worden door remming van de botresorptie. Dit komt doordat het proces van botheling een cascade systeem is. Als dit proces geremd wordt dan kom het bijgevolg nooit tot botheling met vernieuwing van het bot. De andere componenten van het bot verouderen wel verder, waardoor het bot meer mineraliseert en minder elastisch wordt. Dit heeft juist een predisponerend effect op het ontstaan van microfracturen, en eventueel verdere fracturen.

Een positief effect van bifosfonaten bestaat uit het analgetisch en ontstekingsremmend effect waardoor de dieren meer comfortabel zijn. Het bot is echter niet per se ook geheeld, wat zou kunnen leiden tot een potentieel gevaarlijke situatie.

In het geval van aanwezigheid van subchondrale beencysten, of cyste-like laesies is gebruik van bisfosfonaten in theorie goorloofd. Er is echter een effect op het kraakbeen: in lage of systemische dosis is dit een gunstig beschermend effect, maar in hoge dosis is tiludronate mogelijks schadelijk voor het kraakbeen. Dit is ook de reden dat er erg voorzichtig moet worden omgegaan met regionale perfusie van deze stoffen (Neer, 1995; Delguste et al., 2007; Kamm et al., 2008; McLellan, 2017).

Conservatieve behandeling als realistische optie?

In de literatuur bestaat er discussie over de waarde van conservatieve behandeling voor kootbeen fissuren. Volgens *Richardson en Dyson (2011)* kan bij fissuren korter dan 15 mm een conservatieve aanpak overwogen worden. Volgens *Nixon (2012)* kan in het geval van kootbeenfissuren eerst drie maanden conservatief behandeld worden. Mocht er na deze periode nog geen (voldoende) heling zijn opgetreden, dan dient overgegaan te worden naar behandeling met interne fixatie. In deze twee bronnen wordt gesproken over de volledige paardenpopulaties zonder onderscheid te maken tussen functionaliteit van het paard.

In de studie van *Kuemerle et al. (2015)*, die zuiver niet-renpaarden betreft, bleek echter dat in 3 van de 4 paarden die conservatief behandeld werden, de paarden kreupel bleven na de behandeling. Het resterende paard liep een verbrijzelde P1 fractuur op. In een grotere retrospectieve studie die *Markel en Richardson (1985)* gedaan hebben bij volbloed renpaarden en dravers, werden alle korte fissuren van de P1 conservatief behandeld. Opvallend in deze studie was dat de korte fissuren een mindere prognose hadden met oog op terugkeer van functionaliteit van het paard, dan lange fissuren en complete fractures van de proximale phalanx. Dit laat zich waarschijnlijk verklaren door het feit dat in de andere twee groepen alle of een grote meerderheid van de paarden chirurgisch werd behandeld.

Ellis et al. (1987) onderzochten eveneens een renpaardenpopulatie, en zij kwamen tot 69% van de conservatief behandelde kootbeenfissuren waarbij het paard nadien terug in rennen gebruikt kon worden. Opvallend bij dit onderzoek is dat van de chirurgisch behandelde paarden met een korte P1 fissuur slechts 46% terugkeert naar het lopen van races. De auteurs adviseerden chirurgische behandeling dan ook enkel in het geval van een ernstigere breuk dan een korte fissuur, en enkel als de eigenaar het paard aan wil houden voor de fokkerij. Aangezien dit onderzoek gepubliceerd is in 1987, ligt hier wellicht een verklaring voor de verschillen in ervaringen vergeleken met de meer recente studies.

Met uitzondering van de studie van *Ellis et al.* heeft in alle studies een chirurgische behandeling een gunstigere prognose betreffende terugkeer met volledige functionaliteit van het paard vergeleken met conservatieve behandeling. Bij alle types kootbeenfracturen en -fissuren is het dus gegronnd een behandeling middels interne fixatie te adviseren aan de eigenaar. Mocht deze om economische of persoonlijke redenen toch willen kiezen voor een conservatieve aanpak, dan is in het geval van incomplete fractures van de proximale phalanx de prognose matig tot goed te noemen.

2.5.2 *Behandeling van enkelvoudige complete fractures*

Voor complete enkelvoudige of multipale fractures is een conservatieve behandeling niet aangewezen. In dit geval zou het risico op verergeren van de breuk, of het optreden van een non-union wegens gebrek aan goede stabiliteit van de breuk te groot zijn (*Kuemerle et al., 2008*). Om deze reden wordt in het geval van een enkelvoudige complete breuk vrijwel altijd overgegaan tot chirurgische behandeling door middel van interne fixatie. Dit gebeurt met behulp van corticale compressie schroeven (osteosynthese genaamd).

Principe van osteosynthese

Voor elke chirurgische behandeling van een fractuur geldt het doel een zo anatomisch correct mogelijke repositie van de fragmenten te bekomen, en de stabiliteit in de proximale phalanx terug te verkrijgen. Met name ter hoogte van het gewricht is het belangrijk een zo goed mogelijk appositie te verkrijgen (Nixon, 2012).

Om dit doel te bereiken dienen de schroeven zo loodrecht mogelijk op de fractuurlijn geplaatst te worden, waarbij de meest proximale schroef 5 mm distaal van de sagittale groeve geplaatst wordt zonder het gewricht zelf te penetreren. De dikte van de schroeven is bij voorkeur 5,5 mm, al is het gebruik van 4,5 mm ook mogelijk. Dit om een goede compressie mogelijk te maken (Nixon, 2012). Omdat het zo belangrijk is dat ter hoogte van het gewricht de positie van de botfragmenten nagenoeg perfect is, wordt vaak met artroscopische benadering de kwaliteit van de reductie en compressie gevisualiseerd.

Voor de operatie wordt het paard onder algemene anesthesie in laterale decubitus gebracht, en het lidmaat wordt op gebruikelijke manier voorbereid. Met behulp van radiografische opnames of beeldversterking wordt de correcte positie van de schroef ten opzichte van het bot bepaald. De eerste stap in de daadwerkelijke osteosynthese is het boren van een gat in de bovenliggende of cis-cortex. Belangrijk is dat dit gebeurt met een diameter gelijk aan de buitenste draaddiameter van de te gebruiken schroef. Het boren in het been dient met spoeling te gebeuren om warmte necrose van het omliggende botweefsel te voorkomen. Altijd dient een boorgeleider gebruikt te worden om de boor in de juiste positie te behouden en om schade aan de omliggende (weke) weefsels te voorkomen (Clary en Roe, 1995).

Een tweede stap is het boren van een gat in de andere cortex (transcortex) met een boor met een diameter gelijk aan de centrale as van de te gebruiken schroef. Ook hierbij wordt gebruik gemaakt van een boorgeleider, weliswaar met een diameter gelijk aan de eerste boorgang, zodat deze tot in het been ingebracht kan worden. Hierdoor wordt verzekerd dat het tweede gat in de transcortex zich correct positioneert ten opzichte van het gat in de ciscortex.

Vervolgens wordt met behulp van de countersink een uitholling in de ciscortex gemaakt zodat de schroefkop deels verzonken kan worden in het bot.

Met behulp van een dieptemeter wordt de uiteindelijke benodigde lengte van de te gebruiken schroef bepaald. Hierbij moet rekening gehouden worden met de te bekomen compressie, waardoor de schroef iets korter zal moeten zijn dan de gemeten lengte.

Indien een niet-zelfdraadtrekkende schroef gebruikt wordt zal vervolgens met een draadtrekker een schroefdraad in het boorgat in de transzijde getrokken moeten worden. De draadtrekker heeft hierbij een diameter gelijk met de buitenste diameter van de schroef. Logischerwijs wordt er geen draad getrokken in de cis zijde van het been, aangezien het boorgat hier een grotere diameter heeft. Bij het uiteindelijk invoeren van de corticale schroef, die door de cis-zijde glijdt en enkel grip heeft op de trans-zijde, wordt compressie van de fractuurlijn bekomen. De steekincisies die nodig waren om te schroeven aan te brengen worden gesloten.

In principe hoeven na fractuur heling de schroeven enkel verwijderd te worden indien er sprake is van complicaties gerelateerd aan de schroeven (Auer, 2012).

Voor de recovery wordt gewoonlijk een bandage, spalk of gips geplaatst, afhankelijk van de breuk en de voorkeur van de chirurg. Voor P1 fracturen van de achterbenen is het meer aangewezen om een gips te plaatsten, gezien de meer roterende krachten die bij de recovery op de proximale phalanx inwerken (Nixon, 2012).

Het voordeel van behandeling met interne fixatie is dat er over het algemeen een grotere stabiliteit van de P1 bekomen wordt. Hierdoor is er meer kans op heling van de fractuur zonder callusvorming, en minder kans op het ontwikkelen van artrose later. Eveneens is er een beperkter risico op het

ontwikkelen van een non-union en op het verder evolueren van de breuk wat zou kunnen leiden tot een complexere of zelfs verbrijzelde fractuur (Auer 2012).

2.5.3 Behandeling van meervoudige fracturen, met intacte beenkolom

Bij meervoudige kootbeenfracturen moet allereerst onderscheid gemaakt worden tussen fracturen waar nog een intacte beenkolom aanwezig is, en fracturen waarbij dat niet het geval is. In het geval van proximale phalanx fracturen met intacte beenkolom, die compleet zijn en in meer of mindere mate verplaatst, is de behandeling afhankelijk van de mate van verplaatsing. Het doel van de behandeling is wederom de fragmenten op een zo anatomisch correct mogelijk positie terug te brengen, en de fragmenten op deze positie te stabiliseren. In praktijk zal dit enkel voor fragmenten die groot genoeg zijn lukken volgens het bovenstaande principe van interne fixatie. Wederom zal men met artroscopie een goede visualisatie van het gewrichtsoppervlak trachten te bekomen om het resultaat van de appositie op dit niveau te beoordelen en te optimaliseren.

In sommige, extremere gevallen is het gemakkelijker om in plaats van benadering door middel van steekincisies een open benadering van de fractuur fragmenten uit te voeren. De locatie en de grootte van deze incisie is afhankelijk van de locatie en grootte van de fragmenten (Nixon, 2012). Een groot nadeel van de open benadering is dat het bij deze methode onmogelijk is het periost intact te laten, en ook verschillende ligamenten en weke delen structuren rond de fractuur zullen moeten gedisseceerd en/of doorgesneden worden. Dit leidt tot een verminderde stabiliteit en een vergrootte kans op infectie (Richardson, 2008). Door de instabiliteit van het lidmaat in dit geval is de prognose met zicht op herstel van de functionaliteit van het paard zeer klein, en dient dit enkel aangeraden te worden met oog op gebruik van het paard als fok- of weide dier.

2.5.4 Behandeling van meervoudige fracturen, zonder intacte beenkolom

In het laatste geval van een meervoudige fractuur waarbij geen intacte beenkolom meer aanwezig is, is er verlies zijn van de axiale stabiliteit met een mogelijke collaps van het kootbeen tot gevolg. In het geval van complexe, meervoudige fracturen is euthanasie een ethisch verantwoorde keuze. Interne fixatie is in deze gevallen vaak niet of beperkt mogelijk.

Indien behandeling gewenst is wordt allereerst overgegaan tot het zo correct mogelijk appositioneren van de fragmenten. De grote fragmenten kunnen afhankelijk van de breuk indien mogelijk gefixeerd worden met corticale compressieschroeven. Vervolgens zal bij het afwezig zijn van een intacte beenkolom over moeten worden gegaan tot externe fixatie. Het paard draagt dan geen gewicht op het distale deel van het been, maar wel op de externe fixatie die in een proximaal been (vb. pijpbeen) is aangebracht. Op die manier wordt de fractuur en het lidmaat distaal van de fractuur volledig ontlast.

De meest gebruikte methode voor externe fixatie is het gebruik van een 'transfixation pin-cast'. Hierbij worden transcorticale pinnen geplaatst in de metacarpus of de metatarsus, in een hoek van 30 graden ten opzichte van elkaar. De pinnen worden vervolgens beiderzijds in een synthetisch gips geïncorporeerd die onder de hoef reikt. Op die manier wordt het gewicht van het paard via het gips door de metacarpus/metatarsus gedragen (McClure et. Al., 1994; Joyce et al., 2006; Lescun et al., 2007; Auer, 2012).

2.6 Complicaties

Complicaties bij niet-chirurgische behandeling

Indien wordt gekozen voor een conservatieve behandeling met het plaatsen van een (synthetisch) gips zijn er verschillende complicaties die kunnen optreden. Om deze reden dient het ingegipste lidmaat zeer goed opgevolgd te worden op tekenen van zwelling proximaal van het gips, afwijkende geur en (plotse) toename van het manken van het dier. Een vrij regelmatig optredende complicatie is het ontstaan van drukwonden onder het gips. In ergere gevallen kan dit zorgen voor lokale huidnecrose. Het paard zal als gevolg hiervan meer mankheid vertonen en het wisselen of verwijderen van het gips zal noodzakelijk zijn.

Een ernstigere situatie doet zich voor indien er infectie optreedt onder het gips, omdat in dit geval het lidmaat zal gaan zwellen wat zorgt voor veel druk met huidnecrose tot gevolg. Indien de infectiehaard draineert zal er ook vloeistof onder het gips accumuleren. Dit zorgt niet alleen voor extra druk, maar ook voor enzymatische schade aan de huid. Een geïnfecteerd lidmaat zal dan ook niet ingegipst gehouden moeten worden tenzij er echt geen alternatief is (Auer, 2012).

Na het verwijderen van een gips dat langdurig ter plaatse is gebleven kan het paard enkele dagen pijnlijk zijn op het aangetaste lidmaat. Dit komt door de langere immobilisatieperiode waarbij de weke weefsels en gewrichten niet gebruikt werden. Ook de hoef van het paard is in de ingegipste periode beklemd geweest, waardoor de voet na het verwijderen van het gips weer wat uit zal zetten. Deze factoren kunnen in sommige gevallen voor een niet-ernstige en voorbijgaande pijn aan het lidmaat zorgen. Er kan gekozen worden de patiënt in deze periode wat te ondersteunen met niet-steroïdale ontstekingsremmers (Auer, 2012).

Indien geen interne fixatie wordt gebruikt om de fractuur te stabiliseren is er vaak nog in meer of mindere mate beweging in de breuk. Dit kan leiden tot de vorming van een benige callus, die een effect kan hebben op de omliggende weke delen. Dit kan leiden tot persisterende kreupelheid na de fractuurheling, al kan de callus in omvang verminderen met de tijd. Hiermee zal ook verbetering van de kreupelheid optreden (Auer, 2012). Daarnaast is er, zeker in geval er fragmenten in meer of mindere mate verplaatst zijn, een groot risico op het ontwikkelen van osteoartrose (Markel en Richardson, 1985; Auer, 2012).

Indien er te veel beweging blijft optreden ter hoogte van de fractuurlijn kan er zelfs een non-union optreden. In dit geval treedt er geen benige callus op en blijft de fractuur lijn na lange periode nog altijd bestaan (Lopez en Markel, 2012).

Complicaties van chirurgische behandeling middels osteosynthese

Het optreden van complicaties bij chirurgische behandeling van kootbeenfracturen zal voor een groot deel afhangen van het type breuk en met name ook van het resultaat van de compressie en reductie, in het bijzonder ter hoogte van het gewricht. Doordat primaire botheling onder compressie wordt nagestreefd, zal indien dit succesvol is de fractuur kunnen helen zonder callus formatie (Schenk en Wilenegger, 1963; Auer, 2012). In het geval geen perfecte appositie van de fragmenten ter hoogte van het gewrichtsooppervlak bereikt kan worden, is er grote kans op het ontwikkelen van osteoartrose van het kogelgewricht op langere termijn. (Markel en Richardson, 1985; Auer, 2012).

Over het algemeen worden de geplaatste schroeven in de proximale phalanx goed geïncorporeerd in het bot, en worden de schroeven ter plaatste gelaten voor het verdere leven van het paard. Zelden treden er complicaties op die maken dat de schroeven verwijderd dienen te worden. Hierbij kan het gaan om osteolyse rond de schroef of specifiek rond de kop van de schroef. Een oorzaak van optredende osteolyse kan de warmte-ontwikkeling zijn die optreedt bij het boren in de P1 en die

zorgt voor hitteneecrose van het bot. Daarom dient tijdens het boren de boor en boorgang gespoeld te worden met steriele fysiologische oplossing, en de boor dient tijdens het boren gereinigd te worden (Nixon, 2012).

Infectie van de wond en/of van de schroefgang is een andere mogelijke optredende complicatie. Tijdens de chirurgie dient uiteraard gewerkt te worden volgens de principes van Halsted, met strikt aseptisch werken. In het geval er drainage gezien wordt ter hoogte van de incisie plaats kan dit een reden zijn om de schroef te verwijderen (Nixon, 2012).

Contralaterale laminitis

Een zeer belangrijke complicatie bij fracturen van ledematen is het ontwikkelen van laminitis aan het contralaterale lidmaat. Deze pathologie treedt op wanneer het paard voor langere periode niet of nauwelijks steun name neemt op het gefractureerde lidmaat, waardoor al het gewicht van de voor- of achterhand in deze periode gedragen wordt op het contralaterale lidmaat. De risicoperiode voor het optreden is typisch 3 tot 6 weken postoperatief (Nixon en Saunders, 1996). Het mechanisme achter dit ontstaan is nog altijd niet volledig opgehelderd, maar aangenomen wordt dat door de langdurige steun name op het lidmaat de bloed perfusie naar de laminae ontoereikend is (hypoperfusie), waardoor er onvoldoende voedingsstoffen naar de laminae getransporteerd worden. Dit zou uiteindelijk de aanleiding kunnen zijn tot het ontwikkelen van laminitis, vaak in ernstige mate (Nixon, 1996; Pollitt, 2011).

Om het optreden van contralaterale laminitis te trachten te voorkomen zijn er verschillende mogelijkheden. Het belangrijkste is zorgen voor een goede analgesie naast de afdoende behandeling van het gefractureerde lidmaat. Hierdoor zal het paard betere steun nemen op het gefractureerde lidmaat waardoor het contralaterale lidmaat minder exclusief belast wordt. Om dezelfde reden dient in het geval van een geplaatst gips het lengteverschil tussen de ledematen opgevangen te worden. Dit kan door het paard in een box te plaatsen met dikke bedding en door het plaatsen van een verdikt beslag of een hoefschoen contralateraal. Een aangepast ijzer wat opgevuld is waardoor het paard op de volledige zoolvlakte draagt kan helpen de belasting ter hoogte van de lamellaire verbinding in de hoef te verminderen (Pollitt, 2011).

Aanvullend kan het toedienen van acepromazine nuttig zijn, omwille van zijn vasodilatorisch en licht sederend effect wat kan maken dat het paard meer gaat liggen (Medina-Torres et al., 2015).

Het contralaterale lidmaat dient in de periode van herstel goed opgevolgd te worden. Tekenen van optredende laminitis zijn verhoogde 'weightshifting' of het plots meer steun nemen op het gefractureerde lidmaat, depressie ter hoogte van de kroonrand, toename van de temperatuur in de voet en de aanwezigheid van pulsatie in de digitale arteries. Bij vermoeden van laminitis kunnen röntgenologische opnames gemaakt worden om (beenderige) veranderingen van de voet en de stand van het hoefbeen ten opzichte van de hoefwand te analyseren.

2.7 De prognose en het resultaat van de behandeling

Prognose van enkelvoudige incomplete fracturen

In het geval van een stabiele, enkelvoudige fractuur die incompleet is, kan een conservatieve behandeling overwogen worden. In de studie van *Markel en Richardson (1985)* werden alle paarden met een korte incomplete mid-sagittale P1 fractuur conservatief behandeld. 100% van de paarden overleefden de behandeling, 50% kon weer gebruikt worden voor de sport en 30% keerde terug naar het oude niveau.

Bij de paarden met een lange, incomplete P1 fractuur werd de meerderheid behandeld middels osteosynthese. Van deze groep overleefden alle paarden (conservatief en chirurgisch behandeld) de behandeling, 85% kon terug bereden worden en 71% keerde terug tot op het oude niveau. Deze paarden hebben dus in deze studie een beter resultaat dan de paarden met een korte P1 fissuur, wat te verklaren valt door het feit dat in deze groep de meeste paarden middels chirurgie werden behandeld, terwijl alle korte fissuren conservatief werden behandeld (Markel en Richardson, 1985). In de studie van *Ellis et al. (1987)* keerden 65% van de paarden met een simpele, sagittale fissuur van de proximale phalanx terug naar deelname aan rennen na conservatieve behandeling.

Paarden die conservatief behandeld werden herstelden typisch met uitgebreide periostale reactie ter hoogte van het dorsale aspect van de fractuur (Markel en Richardson, 1985).

Bij deze conservatieve behandeling is er daarnaast risico op verdere ontwikkeling van de fractuur op langere termijn, met het mogelijke ontstaan van een catastrofale fractuur tot gevolg. Dit kan zelfs 20 tot 30 maanden na de diagnosestelling nog gebeuren (Kuemmerle et. Al., 2008). Ook is er risico op non-union met recidieven op langere termijn tot gevolg.

Om deze redenen is de prognose van kootbeenfissuren die conservatief worden behandeld duidelijk minder gunstig vergeleken met chirurgische behandelde fissuren, en wordt behandeling met interne fixatie geadviseerd in het geval van dit type P1 fracturen (Markel en Richardson, 1985; Holcombe et al., 1995).

In de retrospectieve studie van *Smith et al. (2017)*, waarin simpele, sagittale fissuren chirurgisch werden behandeld, keerden 92% van de behandelde paarden terug naar hun oude niveau. Dit is dus een beduidend beter resultaat dan de conservatief behandelde paarden uit de eerder vernoemde studie van *Ellis et al.* uit 1987 (65% terugkeer naar races).

Indien chirurgische behandeling middels interne fixatie met het plaatsen van corticale compressie schroeven gebeurt, is de prognose met terugkeer in de sport zeer goed te noemen (Ellis et al., 1987; Smith et al., 2017).

Prognose van enkelvoudige complete fracturen

In het geval van complete fracturen verdient een behandeling met interne fixatie altijd sterk de voorkeur boven conservatieve behandeling. In de studie van *Markel en Richardson (1985)* overleefden 90% van de paarden de operatie en hospitalisatie. 55% van de behandelde paarden kon uiteindelijk terug bereden of getraind worden, waarbij echter slechts 16% terugkeerde tot op hun oude (race)niveau. In deze studie werd een onderscheid gemaakt tussen volbloed renpaarden en dravers, waarbij er verhoudingsgewijs meer dravers dan volbloeden terug gebruikt kon worden voor races. Een belangrijke factor in de beslissing paarden te euthanaseren alvorens het starten van een behandeling is de mate van verplaatsing van de fractuur.

Prognose van meervoudige, niet verbrijzelde en verbrijzelde fracturen

De prognose van multipale fracturen is veel meer gereserveerd, zowel na conservatieve als na chirurgische behandeling. Het verdere verloop is afhankelijk van verschillende factoren, zoals het feit of de fractuur open of gesloten is en de aanwezigheid van een intacte beenkolom. De prognose is erg ongunstig indien er geen intacte beenkolom meer aanwezig is, al dan niet met opgetreden collaps van het kootbeen. De kans op de terugkeer in de sport is in dat geval minimaal tot nihil (Ellis et al., 1987). Paarden met dit type fractuur worden dan ook vaak behandeld met zicht op een verdere carrière in de fokkerij of als gezelschapspaar.

Uiteraard hebben ook optredende complicaties invloed op de uiteindelijke mate van herstel. De veelvoorkomende complicaties na chirurgie zijn het optreden van infectie van de wonden of fractuur,

het losraken of breken van pinnen of schroeven, het optreden van laminitis aan het contralaterale lidmaat en het optreden van secundaire fracturen uitgaande van de boorgaten. Alle complicaties verkleinen de kans op (volledig) herstel (Auer, 2012; Nixon, 2012).

2.8 Conclusie literatuurstudie

Dit inleidend onderzoek omtrent de literatuur met betrekking tot fracturen van de proximale phalanx bij paarden laat zien dat dit onderwerp reden is geweest tot veelvuldig onderzoek. Dit onderzoek bij voornamelijk volbloed renpaarden laat zien dat het ontstaan van dit type breuk afhankelijk is van meerdere factoren, en inwerking van verschillende biomechanische krachten. De typische anatomische conformatie van de metacarpus/metatarsus en de proximale phalanx van het paard maakt dat de overgrote meerderheid van de P1 fracturen ontstaan vanuit de sagittale groeve van het kootbeen. Met name als er sprake is geweest van chronische repetitieve krachten in het bot, bijvoorbeeld bij de intensieve training van renpaarden, treedt er botadaptatie op van de subchondrale beenplaat. Het eindresultaat van dit proces is een brozer bot wat op een gegeven moment de inwerkende krachten niet meer kan weerstaan, met een fractuur tot gevolg.

Onderzoek naar dit type fractuur bij warmbloedpaarden is zeer beperkt. De studies die gedaan zijn in een niet-renpaard populatie zijn veeleer case-studies waardoor deze resultaten moeilijk geëxtrapoleerd kunnen worden naar de volledige warmbloed populatie. Het is dan ook moeilijk te zeggen of voor warmbloed sportpaarden gelijke factoren een invloed hebben op het ontstaan van proximale phalanx fracturen. Betreffende de behandeling en het resultaat van de behandeling is bij renpaarden te concluderen dat een chirurgische behandeling met het plaatsen van corticale compressieschroeven een zeer goede prognose heeft. De meerderheid van de paarden komt na behandeling terug op het oude niveau. Bij behandeling van meer complexe fracturen, zoals verbrijzelde fracturen, is het onrealistisch om terugkeer in de sport na te streven. De prognose voor gebruik in de fokkerij is matig tot goed (Ellis et al., 1987).

Complicaties van behandeling met interne fixatie bij eenvoudige P1 fracturen zijn zeer beperkt, en meestal kunnen de schroeven een leven lang ter plaatse blijven. De complicaties nemen toe indien gekozen wordt voor een conservatieve behandeling, en indien de complexiteit van de breuk toeneemt. Dit heeft eveneens een invloed op de prognose van deze types fracturen. Met name bij complexe, verbrijzelde phalanx fracturen is de prognose voor de sport, ongeacht de gekozen behandeling, ronduit slecht. Euthanasie is voor deze paarden dan ook een gegronde optie.

In de beperkte studies bij niet-renpaarden lijkt het optreden van complicaties bij niet-chirurgische behandeling een groter probleem dan in de renpaard populatie. Het optreden van een non-union en ontwikkeling naar een complete of zelfs verbrijzelde P1 fractuur zorgt voor een slecht prognose in deze groep. De prognose voor chirurgisch behandelde niet-renpaarden was echter zeer goed voor terugkeer in de sport. Bij alle paarden in deze studie was subchondrale sclerose waar te nemen op radiografische opnames, wat in andere studies gelinkt is aan chronische inwerking van krachten op deze locatie in het been. Dit gegeven werkt predisponerend voor het oplopen van fracturen en subchondrale cysteuze laesies (Kuemmerle et al., 2008).

Samengevat is het zeker interessant om een nieuwe retrospectieve studie in een populatie die voornamelijk uit niet-renpaarden bestaat toe te voegen aan de literatuur die al bestaat omtrent proximale phalanx fracturen. Via deze studie zal getracht worden een opsomming te maken van de factoren die het ontstaan, de behandeling en het resultaat van de behandeling van proximale phalanx fracturen bij niet-renpaarden beïnvloeden, en deze factoren te vergelijken met de factoren gevonden in de renpaarden populatie.

3. Niet-verbrijzelde kootbeenfracturen bij paarden: Retrospectieve studie van de populatie van de faculteit diergeneeskunde universiteit Gent van 2008-2017

3.1 Dataverzameling en analyse

Afbakening van het onderzoek (selectie van gevallen)

Informatie werd verzameld betreffende paarden behandeld voor een kootbeenfractuur in de periode van 2008 tot en met 2017 aan de faculteit diergeneeskunde van de Universiteit Gent in Merelbeke. Het onderzoek beperkt zich tot de niet-verbrijzelde fracturen, die behandeld werden op een conservatieve of chirurgische manier middels interne fixatie met het plaatsen van corticale compressieschroeven. Complexe verbrijzelde fracturen vallen dus buiten het onderzoek. Gevallen waarbij een Salter-Harris fractuur van het kootbeen optrad, typisch bij jonge dieren, werden eveneens buiten beschouwing gelaten omdat verondersteld is dat fracturen van de groeiplaat (mogelijk) een verloop kennen dat afwijkt van het patroon van andere fracturen van het kootbeen. Tot slot werden paarden met multipole pathologiën buiten het onderzoek gelaten, in deze gevallen was onvoldoende duidelijk in hoeverre de fractuur van de proximale phalanx de kreupelheid vooraf en/of de uitkomst van de behandeling bepaalde.

Gegevens uit de patiënten geschiedenis

Informatie over het signalement van de patiënten (leeftijd, geslacht en ras), over de breuk (aangetaste been en type breuk), over de toegepaste behandeling en het aantal hospitalisatiedagen werden geput uit de databank van de kliniek (patiënten geschiedenis). In vrijwel alle gevallen kon deze informatie worden teruggevonden. Deze informatie vormde de basis voor de systematische verwerking en analyse van de gevonden gegevens. 45 paarden konden worden betrokken in het onderzoek. Gegevens over de gekozen behandeling werden gehaald uit de patiënten geschiedenis van de universiteit. Uit de patiënten geschiedenis blijkt dat de gekozen behandeling werd bepaald op basis van de specifieke omstandigheden van elk individueel geval: de aard van de breuk, het advies van de behandelend dierenarts en de uiteindelijke keuze van de eigenaar. Verwachtingen over de terugkeer naar de oorspronkelijke functionaliteit van het paard en (persoonlijke) financiële afwegingen speelden daarbij een grote rol.

Tussen gevallen waarin werd gekozen voor conservatieve benadering was sprake van een variatie in aanpak; zo werd er soms wel en soms niet gekozen voor het plaatsen van een gips, werd er soms wel en soms niet overgegaan tot het toedienen van medicatie en varieerde de periode van rust in duur. In alle gevallen waarin werd gekozen voor een chirurgische behandeling was de aanpak min of meer gelijk. Steeds werd gekozen voor het toepassen van interne fixatie middels het gesloten plaatsen van 1 of meerdere corticale compressieschroeven onder algehele anesthesie en in gevallen wanneer daartoe noodzaak bestond werd arthroscopische visualisatie van het kogelgewricht uitgevoerd tijdens de reductie.

Van vrijwel alle patiënten zijn röntgenopnames gemaakt om de diagnose kootbeenfractuur te stellen, en tijdens of na de operatie. In de meerderheid van de gevallen zijn controle opnames gemaakt op de faculteit of door de dierenarts thuis, dit geldt echter niet voor alle paarden. Het tijdstip van de follow-up varieert sterk.

Gegevens uit interviews met eigenaren

Via de methode van een gestructureerd (telefonisch) interview (zie bijlage 1) werd informatie bij eigenaren vergaard over het gebruik van het paard voor de blessure en na de blessure, de omstandigheden voor en rond het ontstaan van de breuk, over het wel of niet optreden van voortekenen, de omstandigheden op het moment van ontstaan, de omstandigheden na de behandeling, over het optreden van complicaties, de terugkeer op het oude niveau en de tijd die dit kostte. Verder werd uitgevraagd in hoeverre opvolging plaatsvond bij de faculteit of bij de eigen dierenarts en of er uitwendige tekenen zichtbaar bleven van de fractuur. Tot slot werd naar de tevredenheid van de eigenaar betreffende het resultaat van de behandeling gevraagd en of hij of zij in de toekomst gelijke keuzes zou maken in een gelijke situatie. Van de 45 die uit de patiëntenadministratie konden worden geselecteerd werd in 33 gevallen volledige medewerking verleend aan het onderzoek en in twee gevallen gedeeltelijke medewerking.

Statistische analyse

Op de verzamelde data uit de databank en de interviews met eigenaren is via SPSS een ordinale regressieanalyse uitgevoerd. Ook werd statistisch geanalyseerd in hoeverre er sprake was van een significant verband (correlatie) tussen ieder van de in kaart gebrachte factoren en het uiteindelijke niveau van herstel. Bijlage 2 geeft een weerslag van deze statistische analyses.

Vanwege het beperkte aantal cases waarover volledige informatie beschikbaar was en de verdeling van de onafhankelijke variabelen in meerdere groepen bleek de statistische analyse tot zeer beperkte resultaten te leiden. Weliswaar konden voor enkele factoren significante verbanden worden aangetoond, maar factoren als blijvende kreupelheid na behandeling of aantal hospitalisatiedagen zijn eerder aan te merken als uitkomstmaat dan als verklarende factor voor de mate van herstel. Factoren die intuïtief en volgens de literatuur bepalend zijn voor de mate van herstel leverden geen statistisch significante verbanden op. Om die reden ligt het zwaartepunt bij de kwalitatieve (interpretatieve) analyse van de verzamelde data. Dit betekent wel dat de bevindingen in dit onderzoek slechts voor deze populatie gelden en dat validatie van de geformuleerde hypothesen voor een bredere populatie geverifieerd moeten worden via vervolgonderzoek.

3.2 De resultaten

3.2.1 Algemene kenmerken

45 Paarden voldoen aan de vastgestelde selectiecriteria volgens de databank van de universiteit. 35 Eigenaren konden worden bereikt voor een gestructureerd telefonische interview (zie bijlage 2), waarvan 33 eigenaren antwoord gaven op de volledige vragenlijst. Wegens persoonlijke redenen waren de overige twee eigenaren slechts bereid een deel van de vragen te beantwoorden. Van 27 paarden is informatie beschikbaar over de radiografische opvolging na de behandeling.

Data verzameling (n=45)			
Aantal paarden	Info databank	Interviews	Radiografisch beeld
45	45	35 (33 volledig)	27
Type breuk (n=45)			
Enkelvoudig incompleet	Enkelvoudig compleet	Multipel	
29	10	6	
Signalement en Gebruik (n=45)			
Warmbloed	Dravers	Volbloed	Anders
31	8	3	3
Weide/fok 2	Draf koers 5	Galop koers 2	Competitie 3
Recreatief 8	Onbekend 3	Horseball 1	
Competitie 12			
Onbekend 9			

Tabel 1: Algemene kenmerken van de populatie paarden onderzocht aan de faculteit diergeneeskunde van de universiteit Gent tussen 2008 en 2017

In 29 van de 45 gevallen is de breuk enkelvoudige incompleet, In 10 gevallen enkelvoudig compleet, in 6 gevallen is sprake van een meervoudige niet-verbrijzelde fractuur. In 1 geval evolueerde een aanvankelijk enkelvoudige incomplete fractuur na 12 maande tot een multipele complete fractuur. 41 Van de 45 breuken ontsprongen in de sagittale groeve van het kootbeen. In 4 gevallen was er sprake van een niet-sagittale breuk: 2 breuken in het laterale vlak en 2 breuken van de laterale eminentie van de P1. In alle gevallen is sprake van een breuk aan één lidmaat; 30 keer een voorbeen, 15 keer een achterbeen. De verdeling tussen links en rechtsvoor is gelijk. De verdeling linksachter/rechtsachter is 10 resp. 5.

De onderzoekspopulatie van 45 paarden bestaat uit 31 warmbloeden, 3 volbloeden, 8 dravers en 3 paarden (pony's) die niet in één van deze groepen vallen. Van de 45 betrokken paarden zijn er 26 merrie en 19 ruin of hengst. De leeftijd varieert van 1,5 jaar tot 25,5 jaar met een gemiddelde leeftijd van 7,7 jaar.

Van 33 paarden is het gebruik voorafgaand aan de breuk bekend. Van de 25 warmbloedpaarden werden 2 paarden gebruikt als weide paard, dit betroffen jonge paarden in opfok; 8 paarden werden recreatief gebruikt, 15 paarden in de competitiesport.; 2 voor dressuur, 11 voor springen, 1 voor endurance (60 km) en 1 voor horseball. 6 Paarden worden gebruikt voor koersen.

Een compleet overzicht van alle verzamelde informatie van de paarden is weer gegeven in bijlage 4.

3.2.2 Voortekenen en mankheid

In de fase tussen het vermoedelijke moment van ontstaan van de fractuur en het moment van de diagnose wordt door veel eigenaren een zekere mate van mankheid aangegeven. Die varieert in ernst en in duur. Van een aantal paarden zijn eventuele voortekenen, de mate en/of de periode van mankheid onbekend.

Voortekenen en mankheid (n=45)			
Voortekenen	Enkelvoudig incompleet(29)	Enkelvoudig compleet (10)	Multipel (6)
Geen	17	6	1
Licht tot matig mank	5	2	2
Onbekend	7	2	3
Mate mankheid	Enkelvoudig incompleet(29)	Enkelvoudig compleet (10)	Multipel (6)
Niet mank	2	-	-
Licht tot matig mank	15	1	2
(Zeer) ernstig mank	6	9	3
Onbekend	6	-	1
Periode mankheid	Enkelvoudig incompleet(29)	Enkelvoudig compleet (10)	Multipel (6)
Niet mank	2	-	-
1 dag - 2 weken	7	4	2
Langer dan 2 weken	16	6	3
Onbekend	4	-	1

Tabel 2: Weergave van optreden van voortekenen, mate van mankheid en periode van mankheid per type breuk.

Mankheid als voorteken van een breuk komt (relatief) meer voor bij complete dan incomplete breuken (Tabel 2). Na het ontstaan van de breuk zijn paarden bij incomplete breuken overwegend licht tot matig mank (15 van de 29 paarden) en soms zelfs helemaal niet kreupel (bij 2 paarden was de fissuur een toevalsbevinding). In 6 gevallen zijn paarden (zeer) ernstig mank. Bij complete breuken (enkelvoudig en multipel) vertonen alle paarden mankheid in een overwegend (zeer) ernstige mate (slechts 3 van de 16 paarden licht tot matig mank). De periode van mankheid correspondeert niet (steeds) met de mate van mankheid en is de meerderheid van de gevallen bij alle types breuken langer dan 2 weken.

3.2.3 Factoren die verbonden zijn met het niveau van herstel

In dit onderzoek wordt voor 3 typen van niet-verbrijzelde kootbeenfracturen geanalyseerd welke factoren invloed uitoefenen op het uiteindelijk niveau van herstel van dergelijke breuken. Een belangrijke factor is het type behandeling: conservatief of chirurgisch. Daarnaast beïnvloeden leeftijd van het paard en het al dan niet optreden van complicaties het niveau van herstel.

Invloed van type breuk en behandeling op niveau van herstel (n=45)									
Niveau van herstel	Enkelvoudig incompleet (29)			Enkelvoudig compleet (10)			Multipel (6)		
	Cons. n = 10	Chirur. n = 19	Totaal n = 29	Cons. n = 1	Chirur. n = 9	Totaal n = 10	Cons. n = 2	Chirur. n = 4	Totaal n = 6
Onbekend	3	5	8	-	1	1	1	1	2
Bekend	n = 7	n = 14	n = 21	n = 1	n = 8	n = 9	n = 1	n = 3	n = 4
Op oude niveau	2 (29%)	6 (43%)	8 (38%)	-	5 (63%)	5 (56%)	-	1 (33%)	1 (25%)
Rijpaard lager niveau	2 (29%)	6 (43%)	8 (38%)	-	-	-	1 (100%)	-	1 (25%)
Weide of fok	-	1 (7%)	1 (5%)	-	3 (38%)	3 (33%)	-	-	-
Euthanasie	3 (43%)	1 (7%)	4 (19%)	1 (100%)	-	1 (11%)	-	2 (67%)	2 (50%)

Tabel 3: Aantallen en percentages per bereikt niveau van herstel, ingedeeld per type behandeling per type fractuur.

In tabel 3 is te zien dat er een trend lijkt te zijn tussen het (uiteindelijke) niveau van herstel in deze onderzoekspopulatie en het type breuk. Van de incomplete breuken keren 16 van de 22 bekende paarden terug als rijpaard na de behandeling (72% in deze populatie). Bij enkelvoudig complete breuken geldt dit voor 5 van de 8 paarden waarvan de uitkomst bekend is (63%). Bij meervoudige breuken kunnen 2 van de 4 paarden na de behandeling weer bereden worden (50%). Er lijkt dus een dalende trend te zijn naargelang het type breuk, maar de aantallen van de groepen zijn te klein waardoor statistisch geen significant verband aangetoond kon worden tussen het type fractuur en het uiteindelijk resultaat (zie bijlage 2).

Het type behandeling geeft eveneens onderscheid; conservatieve behandeling geeft bij alle typen breuken een minder gunstig herstel dan chirurgische behandeling. Van de fissuren die conservatief werden behandeld keren 4 van de 7 paarden terug tot rijpaard (58%), waarvan 2 tot op voormalig niveau. Dit tegen 12 van de 14 paarden met een fissuur die chirurgisch werden behandeld (86%, 6 tot op het oude niveau). Van de paarden met een enkelvoudig complete breuk werd slechts 1 paard conservatief behandeld en deze werd geëuthanaseerd. De chirurgische behandeling van dit type breuk leidde tot een terugkeer tot rijpaard in 5 van de 8 bekende gevallen (63%). Een conservatief behandelde meervoudige beuk leidde in deze populatie tot terugkeer tot rijpaard op een lager niveau. Chirurgie leidde in 1 van de 3 gevallen tot terugkeer tot rijpaard (33%), maar 2 werden geëuthanaseerd (67%).

Factoren die verbonden zijn met het niveau van herstel (n=45)						
Leeftijd/niveau herstel	Enkelvoudig incompleet(29)		Enkelvoudig compleet (10)		Multipel (6)	
	0-8 Jaar	> 8 Jaar	0-8 Jaar	> 8 Jaar	0-8 Jaar	> 8 Jaar
Herstel op oude niveau	8	-	5	-	1	-
Rijpaard, lager niveau	5	3	-	-	1	-
Weide of fok	-	1	3	-	-	-
Euthanasie, 1onbehandeld	3	2	-	1	1	1
Onbekend	4	3	1	-	-	2
Complicaties						
	Enkelvoudig incompleet(29)		Enkelvoudig compleet (10)		Multipel (6)	
Geen complicatie	15		6		1	
Wel complicatie	7		3		3	
Onbekend	7		1		2	
Hospitalisatiedagen						
	Enkelvoudig incompleet(29)		Enkelvoudig compleet (10)		Multipel (6)	
Conservatief	9		1		2	
< 1 week	4		1		-	
1-2 weken	10		3		-	
2-3 weken	3		1		-	
3-4 weken	-		3		3	
>1 maand	-		1		1	
Onbekend	3		-		-	
Radiografisch beeld						
	Enkelvoudig incompleet(29)		Enkelvoudig compleet (10)		Multipel (6)	
Heling, geen NBV/sclerose	1		1		-	
Lichte NBV/ sclerose	7		2		1	
Uitgebreide NBV/Sclerose	2		1		3	
Slechte heling fractuur	3		1		-	
Onbekend	16		5		2	

Tabel 4: Factoren die een verband lijken te hebben met het niveau van herstel, uitgedrukt per type breuk.

In tabel 4 worden de in deze studie meest invloedrijke parameters op het uiteindelijke niveau van herstel weergegeven. Als we enkel kijken naar de paarden waarvan het uiteindelijke resultaat van de behandeling gekend is, lijkt er geen verschil te zijn tussen de leeftijd van de paarden per type breuk, de verhoudingen blijven hetzelfde. In totaal zijn er 27 paarden jonger dan 8 jaar die een kootbeenfractuur oplopen (16 een fissuur, 11 complete fractuur) en 8 paarden ouder dan 8 jaar (6 keer een fissuur, 2 complete fracturen). Van de paarden die jonger zijn dan 8 jaar keren dubbel zoveel paarden terug tot rijpaard (74%), ten opzichte van paarden ouder dan 8 jaar (37%). Van de paarden die herstellen met terugkeer tot volledige functionaliteit is geen enkel paard ouder dan 8 jaar, ongeacht het type opgelopen fractuur.

Complicaties treden relatief vaker op bij complete breuken (in 6 v.d. 13 gevallen) dan bij incomplete breuken (in 7 van de 22 gevallen). Bij meervoudige breuken treden bij 3 van de 4 paarden complicaties op, tegen 3 van de 9 paarden bij compleet enkelvoudige breuken. Het aantal hospitalisatiedagen, na chirurgische behandeling, is bij incomplete breuken overwegend lager dan bij complete breuken. Bij 3 van de 17 paarden is sprake van een hospitalisatieperiode van langer dan 2 weken, waar dit bij enkelvoudig complete breuken in de helft van de gevallen geldt (n=10). Bij meervoudige breuken blijven de paarden in alle gevallen minimaal 3 weken in de kliniek (n=4).

Van 22 paarden zijn radiografische beelden van na de behandeling geanalyseerd. Het radiografisch beeld van de opvolging levert vaker een gunstiger beeld op voor incomplete fracturen dan voor complete fracturen. Bij 2 van de 13 paarden met een kootbeenfissuur is sprake van uitgebreide nieuwbeenvorming en/of sclerose, en bij 3 van de 13 paarden blijft de fissuurlijn op opvolging (te) lang zichtbaar. Bij enkelvoudige complete fracturen is dat 1 van de 5 keer het geval, en ook is er 1 keer sprake van een slechte heling van de fractuurlijn. In het geval van een meervoudige fractuur is in 3 van de 4 situaties sprake van een uitgebreide nieuwbeenvorming en of sclerose na behandeling.

4. Discussie

4.1 Factoren waarvoor geen verband werd gevonden met het niveau van herstel

Het geslacht, het ras of type paard en het aangedane lidmaat lijken weinig invloed te hebben op het uiteindelijke niveau van herstel van het paard. Intuïtief zou men kunnen veronderstellen dat de wijze waarop de breuk is ontstaan, de mate van mankheid die initieel optreedt en de periode die dit manken aanhoudt voordat de diagnose wordt gesteld een effect hebben op de mate van herstel. In deze studie kon dit verband niet (statistisch of interpretatief) worden aangetoond. Ook kon in deze studie geen (statistisch) verband worden gelegd tussen het radiografische beeld (nieuwbeenvorming, sclerose) van het aangetaste bot voorafgaand aan de behandeling en het uiteindelijke niveau van herstel (klinisch resultaat).

In afwijking van de literatuur kon in deze onderzoekspopulatie geen (statistisch significant) verband worden aangetoond tussen de lengte van de breuk (weergegeven in aantal schroeven) en het uiteindelijke resultaat.

Ten aanzien van het optreden van complicaties het volgende. In de kwantitatieve analyse van de data over complicaties werd geen (statistisch) verband gevonden; complicaties beïnvloeden het uiteindelijke resultaat meestal niet, soms wel. De kwalitatieve (interpretatieve) analyse maakte duidelijk dat niet het aantal optredende complicaties (kwantiteit) bepalend is, maar de aard van de complicaties (kwaliteit). In 3 gevallen werd een paard geëuthanaseerd als direct gevolg van de complicatie. Dit betrof een cysteuze ontwikkeling van de fissuurlijn, een ernstige osteoartrose in combinatie met een delayed-union en een contralaterale laminitis. De overige opgetreden complicaties (in 10 gevallen) hadden geen aantoonbaar effect op het uiteindelijke niveau van herstel.

4.2 Factoren die wel invloed uitoefenen op het uiteindelijke resultaat

In deze studie werd via statische en/of interpretatieve analyse voor een aantal factoren een verband gevonden met het uiteindelijke resultaat. Deze worden nu beschreven.

4.2.1 Type fractuur en behandeling

Uit de literatuur blijkt dat het type breuk en de keuze voor het type behandeling van de kootbeenfractuur sterk van invloed zijn op het uiteindelijke resultaat van de behandeling. Dit beeld wordt in deze studie bevestigd.

Van de conservatief behandelde incomplete kootbeenfracturen kwam de helft terug op het oude niveau, een gelijk aantal paarden werd geëuthanaseerd. Twee paarden werden aanvankelijk conservatief behandeld, maar bij gebrek aan resultaat werd alsnog besloten tot chirurgische behandeling.

In de studie van *Ellis et al. (1987)* konden alle conservatief behandelde paarden met een enkelvoudige of meervoudige P1 breuk achteraf gebruikt worden voor de fokkerij, maar er was absoluut geen kans op herstel tot rijpaard. Het enige conservatief behandelde paard met een enkelvoudige complete fractuur in dat in deze studie conservatief werd behandeld werd, overeenkomstig de sombere verwachting volgens de literatuur, na behandeling geëuthanaseerd. 1 Paard met een *meervoudige fractuur* dat conservatief werd behandeld keerde na behandeling terug op het niveau van rijpaard, zij het op een lager niveau dan voor de breuk. Deze succesvolle behandeling in de populatie van Universiteit Gent lijkt een uitzondering. Bij enkelvoudige of meervoudige kootbeenfracturen zou conservatieve behandeling gericht moeten zijn (enkel) op het laten overleven van het paard.

Chirurgische behandeling van de *kootbeenfissuur* levert een gunstiger resultaat op dan de conservatieve behandeling, zowel qua terugkeer in de sport als qua overleven van het paard. De analyse maakt duidelijk dat dat kootbeenfissuren die doormiddel van interne fixatie worden behandeld een zeer goede prognose hebben met zicht op terugkeer naar (volledige) functionaliteit, en een betere prognose dan de conservatief behandelde fissuren. Deze bevinding sluit aan bij de onderzoeksliteratuur die het verschil in behandelingsresultaat voor de verschillende typen paarden bevestigt (Kuemmerle et al., 2008; Smith et al., 2017). Van de paarden met een chirurgisch behandelde enkelvoudig of meervoudige complete fractuur keerde meer dan de helft terug op het niveau van voor de breuk. Het overige deel overleefde na de behandeling, maar kon niet meer gebruikt worden als rijpaard.

4.2.2 Leeftijd

In de literatuur over kootbeenfracturen wordt weinig aandacht besteed aan de leeftijd van paarden omdat de meeste studies zich richten op volbloed renpaarden en deze onderzoekspopulaties weinig variatie kennen in leeftijd (veruit de meeste paarden lopen een breuk op, op 2- en 3-jarige leeftijd) (Markel en Richardson, 1985). De populatie in deze studie betreft voornamelijk warmbloed paarden waardoor de spreiding in leeftijd groter is en de gemiddelde leeftijd hoger is dan gebruikelijk in de literatuur (Smith et al., 2017; Ellis et al., 1987; Markel en Richardson, 1985). Dat maakt een analyse op de invloed van leeftijd op het uiteindelijke resultaat mogelijk.

In de populatie onderzocht in deze studie blijkt dat leeftijd invloed heeft op het niveau van herstel. Alle paarden die terug op hun 'oude niveau' (15 paarden) zijn 8 jaar of jonger. Voor paarden die op een lager niveau terugkomen geldt dat leeftijd een ongunstige invloed lijkt te hebben. Tot slot traden binnen de populatie van deze studie alle complicaties die leidden tot euthanasie bij paarden ouder dan 8 jaar op. Voor wat betreft welk type fractuur ontstaat lijkt leeftijd geen rol te spelen.

4.2.3 Hospitalisatiedagen

De vraag of het aantal hospitalisatiedagen een indicatie biedt voor het uiteindelijke niveau van herstel is alleen van belang voor chirurgisch behandelde gevallen omdat bij conservatieve behandeling in de regel geen hospitalisatie plaatsvindt. Ze zijn om deze reden buiten deze analyse gelaten.

Voor de chirurgisch behandelde paarden in deze studie blijkt dat de duur van de hospitalisatie een relevante indicatie biedt voor het uiteindelijke niveau van herstel. Bij een hospitalisatieperiode van korter dan een week komen paarden in vrijwel alle gevallen terug op hun oude niveau. Bij een periode van 1 tot 2 weken keren vrijwel alle paarden terug op het niveau van rijpaard en de helft van de gevallen zelfs op hun oude niveau. Bij een hospitalisatieperiode van meer dan 2 weken ontstaat een grillig beeld; de helft van de paarden herstelt volledig of tot het niveau van rijpaard, de andere helft tot weidapaard of wordt (na behandeling) geëuthanaseerd.

Het aantal hospitalisatiedagen na chirurgische behandeling, is bij incomplete breuken overwegend lager dan bij complete breuken. Deze bevinding sluit aan bij het verband tussen type breuk en niveau van herstel dat eveneens een gunstiger beeld oplevert voor incomplete breuken ten opzichte van complete breuken. Van de chirurgisch behandelde paarden met een incomplete breuk komen vrijwel alle gevallen terug op het niveau van rijpaard of hun oude niveau. Van de chirurgisch behandelde paarden met een complete breuk ongeveer de helft terug op minimaal het niveau van rijpaard. De andere helft kan niet meer worden bereden of wordt geëuthanaseerd.

4.2.4 Lengte van de breuk

In de literatuur wordt algemeen aangenomen dat de lengte van de breuk (grote) invloed heeft op het uiteindelijke niveau van herstel. De lengte van de breuk wordt in de regel uitgedrukt in het aantal schroeven dat gebruikt wordt om de verschillende botdelen te fixeren. In afwijking van deze algemeen gedeeld veronderstelling in de literatuur is in de onderzochte populatie van de Universiteit Gent geen verband gevonden tussen het gebruikte aantal schroeven en het uiteindelijke niveau van herstel van het paard. Een verklaring zou kunnen zijn dat bij de populatie van deze studie het fixatie zodanig adequaat is uitgevoerd dat ook bij langere breuken het genezingsproces goed verliep. Een andere verklaring kon uit de beschikbare data niet worden gedestilleerd. Hiervoor is nader onderzoek noodzakelijk waarbij verschillen in het genezingsproces tussen kortere en langere breuken voortdurende gedurende dit proces zouden moeten worden gevolgd via radiografische waarnemingen.

Tevredenheid van eigenaren

De tevredenheid van eigenaren vormt een belangrijke indicatie voor het niveau van herstel na behandeling van de kootbeenfractuur. Om die reden is in de telefonische interviews met eigenaren dit onderwerp steeds uitgevraagd. De vraag in het interview was als volgt geformuleerd:

“Bent u tevreden met het resultaat van de behandeling? Kunt u uw tevredenheid uitdrukken op een schaal van 1 tot 10?”

Hoewel dit een duidelijke vraag lijkt geven de resultaten op deze vraag aanleiding tot terughoudendheid om twee redenen. De eerste reden is dat eigenaren, zelfs na tamelijk stevig aandringen, geen antwoord willen geven op de gestelde vraag. De tevredenheid wordt daardoor niet gerelateerd aan het uiteindelijke resultaat van de behandeling maar (vooral) aan de wijze waarop men was bejegend door behandelend artsen en andere medewerkers van de Universiteit. Een paard werd bijvoorbeeld postoperatief geëuthanaseerd, waarbij de eigenaar aangaf groot respect te hebben voor de behandelend arts die toch echt zijn uiterste best had gedaan. Aan de andere kant gaven een aantal eigenaren aan de behandeling wel (erg) duur te vinden, waardoor hun tevredenheid ongunstig werd beïnvloed. Dit maakt dat de resultaten niet passen in de door mij gekozen objectieve benadering van het niveau van herstel.

4.3 Vergelijking van renpaarden en warmbloedpaarden

De onderzoeksliteratuur over kootbeenfracturen bij paarden richt zich voornamelijk op paarden die in koersen worden gebruikt. Tot voor kort werd in die literatuur aangenomen dat kootbeenfracturen bij volbloed renpaarden ontstaan als gevolg van een acute biomechanische inwerking van krachten op het kootbeen. De typische anatomie van de P1 zou daarbij bijdragen aan het ontstaan van een kootbeenfissuur of –fractuur (Markel en Richardson, 1985; Ellis et al., 1987). Recente studies tonen echter aan dat in veel gevallen benige veranderingen in het botweefsel op te merken zijn, die wijzen op een meer chronische invloed van krachten op delen van het kootbeen. Deze chronische inwerking wordt gelinkt aan de (intensieve) training waaraan koerspaarden worden bloot gesteld die leidt tot botadaptatie, met name in de proximale subchondrale beenplaat. Meer recente literatuur suggereert dat het ontstaan van kootbeenfracturen bij paarden het gevolg zijn van de samenloop van chronische inwerking van krachten op het kootbeen waardoor dit (tijdelijk) meer gevoelig wordt voor het ontstaan van fracturen in combinatie met acute inwerking van (roterende) krachten op het kootbeen (Smith en Wright, 2013; Noble et al., 2016).

De vraag is of bij minder intensief getrainde paarden eveneens predisponerende structuren in het botweefsel aanwezig zijn. Deze studie beoogt, naast het in kaart brengen van factoren die het niveau

van herstel na een kootbeenfractuur beïnvloeden, een eerste stap te zetten in beantwoording van deze vraag. Om die reden is in dit onderzoek bij eigenaren uitgevraagd welke voortekenen zij voor het ontstaan van de breuk signaleerden en welke mate en periode van mankheid na het vermoedelijke moment van ontstaan van de breuk.

In deze studie werden in een aantal gevallen aanwijzingen gevonden voor invloed van een meer chronisch proces. Echter in veel van deze gevallen was eveneens sprake van een langere periode van kreupelheid voorafgaand aan de diagnosestelling van een proximale phalanx fractuur. Mijns inziens kan in dit onderzoek met deze gekende gegevens geen onderscheid gemaakt worden tussen een situatie van chronische stress omstandigheden met adaptatie van het been wat de oorzaak was van het uiteindelijke ontstaan van de fractuur, en een situatie waarin door acute inwerking van krachten een fractuur is ontstaan in het kootbeen zonder voorafgaande veranderingen. De veranderingen die vervolgens opgemerkt werden op de radiografieën zouden opgetreden kunnen zijn door de aanwezigheid van een fractuur in de periode tussen het (acute) ontstaan en de diagnose. Vermoedelijk is in realiteit geen duidelijk onderscheid tussen het acute ontstaan en het chronische proces, maar bestaat er een wijde range waarin het ontstaan van een breuk bepaald wordt door het evenwicht van falende adaptatie van het bot en de mate waarin acute krachten inwerken.

Een ander opvallend terugkerend feit in deze studie wat wijst op de noodzaak van een acute inwerking van krachten, was dat een aantal paarden direct duidelijk mank was na het landen na het nemen van een (lage) sprong. Bij de springpaarden in deze studie was dat in bijna de helft van de gevallen aan de orde (5 van de 11). Slechts in 1 van deze gevallen sprak de eigenaar over aanwezigheid van voortekenen voor het oplopen van de breuk. Radiografisch gezien was bij twee van deze vijf springpaarden voor de start van de behandeling al aanwezigheid van lichte en uitgebreide NBV en sclerose rond de fissuur lijn. Bij deze beide paarden was de periode van manken voor het stellen van de diagnose meerdere weken (Voor een compleet overzicht, zie bijlage 3).

Hoewel er in een aantal gevallen van fracturen bij springpaarden sprake is van sclerose en NBV als prodromale tekenen van subchondraal bot trauma kunnen we niet bepalen of dit het gevolg is van chronische krachten inwerking op de botstructuur, of dat dit zich ontwikkeld heeft in de periode van manken als reactie op de aanwezigheid van de fractuur. De beschikbare radiografische beelden geven hiervoor onvoldoende informatie, omdat niet bepaald kon worden of de NBV zich uitsluitend rond de fissuur bevond of door de gehele subchondrale plaat.

Meer informatie zou nodig zijn om het verschil tussen deze twee mogelijke situaties (en tussenvormen) wel te kunnen onderscheiden en verder onderzoek is dan ook gewenst in deze richting. Een onderzoek zoals uitgevoerd door *Noble et al.* in 2016 werd uitgevoerd bij renpaarden, maar dan in een warmbloed populatie zal op dit vlak waardevolle informatie kunnen verschaffen. Belangrijk bij een degelijk onderzoek is dat er veel aandacht wordt besteed aan eventuele veranderingen en de vorm en mate van deze verandering ter hoogte van de subchondrale beenplaat. Een moeilijkheid is echter dat tussen volbloed renpaarden meer uniformiteit bestaat, terwijl er grote verschillen zijn tussen paarden die niet gebruikt worden voor races.

Literatuurlijst

1. Auer J.A., 2012. Principles of fracture treatment. In: *Equine Surgery, Fourth Edn.* Saunders Elsevier, pp. 1047-1080.
2. Brünisholz H.P., Hagen R., Fürst A.E., Kuemmerle J.M., 2015. Radiographic and Computed Tomographic Configuration of Incomplete Proximal Fractures of the Proximal Phalanx in Horses Not Used for Racing. *Veterinary Surgery* 44, 809-815.
3. Clary E.M., Roe S.C., 1995. Enhancing External Skeletal Fixation Pin Performance - Consideration of the Pin-Bone Interface. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 8, 6-13.
4. Coppens N., 2012. Case: Behandeling van een verbrijzeld kootbeen bij een paard. Masterproef, Master in de Diergeneeskunde, Universiteit Gent, België.
5. Delguste C., Amory H., Doucet M., Piccot-Crezollet C., Thibaud D., Garnero P., Detilleux J., Lepage O.M., 2007. Pharmacological effects of Tiludronate in horses after long-term immobilization. *Bone* 3, 414-421.
6. Dyson S.J., Nagy A., Murray R., 2011. Clinical and diagnostic imaging findings in horses with subchondral bone trauma of the sagittal groove of the proximal phalanx. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 6, 596-604.
7. Ellis D.R., Simpson D.J., Greenwood R.E.S., Crowhurst J.S., 1987. Observations and management of fractures of the proximal phalanx in young Thoroughbreds. *Equine Veterinary Journal* 19, 43-49.
8. Ganiyusufoglu A.K., Onat L., Karatoprak O., Enercan M., Hamzaoglu A., 2010. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging versus computed tomography in stress fractures of the lumbar spine. *Clinical Radiology*, 11, 902-907.
9. Joyce J., Baxter G.M., Sarrafian T.L., Stashak T.S., Trotter G., Frisbie D., 2006. Use of transfixation pin casts to treat adult horses with comminuted phalangeal fractures: 20 cases (1993-2003). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 229, 725-730.
10. Kamm L., McIlwraith W., Kawcak C., 2008. A review of the Efficacy of Tildronate in the Horse. *Journal of Equine Veterinary Science* 4, 209-214.
11. Kraus B.M., Richardson D.W., Nunamaker D.M., Ross M.W., 2004. Management of comminuted fractures of the proximal phalanx in horses: 64 cases (1983-2001). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 224, 254-263.
12. Kuemmerle J.M., Auer J.A., Rademacher N., Lischer C.J., Bettschart-Wolfensberger R., Fürst A.E., 2008. Short incomplete sagittal fractures of the proximal phalanx in ten horses not used for racing. *Veterinary Surgery* 37, 193-200.
13. Lescun T.B., McClure S.R., Ward M.P., Downs C., Wilson D.A., Adams S.B., Hawkins J.F., Reinertson E.L., 2007. Evaluation of transfixation casting for treatment of third metacarpal, third metatarsal, and phalangeal fractures in horses: 37 cases (1994-2004). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 230, 1340-1349.
14. Lopez M.J., Markel M.D., 2012. Bone biology and Fracture Healing. In: *Equine Surgery, Fourth Edn.* Saunders Elsevier, pp. 1025-1039.
15. Markel M.D., Richardson D.W., 1985. Noncomminuted fractures of the proximal phalanx in 69 horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 186, 573-579.
16. McClure S.R., Watkins J.P., Ashman R.B., 1994. In vitro comparison of the effect of parallel and divergent transfixation pins on breaking strength of equine third metacarpal bones. *American Journal of Veterinary Research* 55, 1327-1330.

17. Mclellan J., 2017. Bisphosphonate use in the racehorse: Safe or unsafe? *Equine Veterinary Journal*, 49, 404-407.
18. Medina-Torres C.E., Underwood C., Pollitt C.C., Castro-Olivera E.M., Hodson M.P., Richardson D.W., Van Eps A.W., 2015. Microdialysis measurements of equine lamellar perfusion and energy metabolism in response to physical and pharmacological manipulations of blood flow. *Equine Veterinary Journal*, 6, 756-764.
19. Neer R.M., 1995. Skeletal safety of Tiludronate. *Bone* 5, 501-503.
20. Noble P., Singer E.R., Jeffery N.S., 2016. Does subchondral bone of the equine proximal phalanx adapt to race training? *Journal of Anatomy* 229, 104-113.
21. Nixon A.J., 1996. Laminitis and Contracture Deformity. In: *Equine Fracture Repair*, First Edn. Nixon A.J., pp. 367-370.
22. Nixon A.J., 2012. Phalanges and the metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints. In: *Equine Surgery*, Fourth Edn. Saunders Elsevier, pp. 1300-1324.
23. Perrin R.A.R., Launois M.T., Brogniez L., Clegg P.D., Coomer R.P.C., Desbrosse F.G., Vandeweerd J.M.E.F., 2011. The use of computed tomography to assist orthopaedic surgery in 86 horses (2002-2010). *Equine Veterinary Education* 23, 306-313.
24. Pollitt C.C., 2011. Laminitis. In: *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*, Second Edn. Saunders Elsevier, pp. 366-386.
25. Ramzan P.H., Powell S.E., 2010. Clinical and imaging features of suspected prodromal fracture of the proximal phalanx in three Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 42, 164-169.
26. Richardson D.W., 2008. Less invasive techniques for equine fracture repair and arthrodesis. *The Veterinary clinics of North America. Equine Practice* 24, 177-189.
27. Richardson D.W., Dyson S.J., 2011. The metacarpophalangeal joint. In: *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*, Second Edn. Saunders Elsevier, pp. 394-410.
28. Schenk R.K., Wilenegger H., 1963. Zum histologischen Bild der sogenannten Primärheilung der Knochenkompakta nach experimentellen osteotomien am Hund. *Experientia* 19, 593.
29. Singer E.R., Garcia T., Stover S., 2013. How do metacarpo phalangeal joint extension, collateromotion and axial rotation influence dorsal surface strains of the equine proximal phalanx at different loads in vitro? *Journal of Biomechanics* 4, 738-744.
30. Singer E.R., Garcia T., Stover S., 2015. Hoof position during limb loading affects dorsoproximal bone strains on the equine proximal phalanx. *Journal of Biomechanics* 48, 1930-1936.
31. Smith M.R., Wright I.M., 2013. Are there radiologically identifiable prodromal changes in Thoroughbred racehorses with parasagittal fractures of the proximal phalanx? *Equine Veterinary Journal*, 46, 88-91.
32. Smith M.R., Wright I.M., 2014. Radiographic configuration and healing of 121 fractures of the proximal phalanx in 120 Thoroughbred racehorses (2007-2011). *Equine Veterinary Journal* 46, 81-87.
33. Smith M.R., Corletto F.C., Wright I.M., 2017. Parasagittal fractures of the proximal phalanx in Thoroughbred racehorses in the UK: outcome of repaired fractures in 113 cases (2007-2011). *Equine Veterinary Journal* 6, 784-788.
34. Stover S.M., 2017. Nomenclature, classification, and documentation of catastrophic fractures and associated preexisting injuries in racehorses. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 6.
35. Tóth P., Horváth C., Ferencz V., Tóth B., Váradi A., Szenci O., Bodó G., 2013. Bone mineral density (BMD) and computer tomographic measurements of the equine proximal phalanx in correlation with breaking strength. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 1, 3-8.

Bijlage 1: Telefonisch interview met de eigenaars

Goedemiddag, spreek ik met ... (naam eigenaar)?

1. Inleiding

U spreekt met Salina van Steenberghe, ik ben laatstejaarsstudent van de Faculteit diergeneeskunde van de Universiteit Gent. Ik bel u in het kader van mijn afstudeerwerk waarbij we een onderzoek voeren naar de resultaten van de behandeling van kootbeenfracturen bij paarden. Volgens mijn informatie is uw paard (naam) hier op de universiteit behandeld in (jaartal). Klopt dat?

Mag ik daar een paar vragen over stellen? Het duurt maar vijf minuten.

2. Gebruik voorafgaand aan de blessure

Waar werd ... (naam) voor gebruikt in de periode voor het oplopen van de blessure? Op welk niveau was dit?

Fokkerij/weide paard

Recreatief

Competitie

Hoeveel uur per week? ...

In geval van competitie, welke discipline deed het paard?

Springen

Dressuur

Koers

Anders, nl.

Op welk niveau deed het paard dit?

Regionaal

Nationaal

Internationaal

3. Ontstaan van de blessure

Weet u hoe de fractuur ontstaan is? Was er iets anders dan anders op het moment van ontstaan?

Was in er in de dagen tot weken voor het ontstaan van de breuk al sprake van mogelijke voortekenen aan hetzelfde been? Bijvoorbeeld onregelmatigheid of zwelling? (zo ja: kunt u dit verder beschrijven)

Vervolgens is de kootbeenfractuur daadwerkelijk ontstaan. Hoe erg was het paard mank na het ontstaan?

Geen steun name

Duidelijk mank, maar met (lichte) steun name

Onregelmatig

Niet mank

Heeft u een dierenarts geraadpleegd na het ontstaan van de breuk? Heeft hij of zij ook röntgenfoto's gemaakt?

Ja

Nee

Vervolgens bent u doorgestuurd naar de faculteit diergeneeskunde in Merelbeke en hier is ... (naam paard) behandeld door middel van ... (behandelingsmethode). Na ... dagen in onze kliniek is hij/zij naar huis gegaan om te revalideren.

4. Na de behandeling

Is er na de behandeling sprake geweest van complicaties? (bijv. drukkonden, infectie, lossen van schroeven, ...)

Ja, nl ...

Nee

Heeft het paard kreupelheid overgehouden aan de blessure en/of was het paard blijvend ongeschikt?

Ja, nl ...

Nee

(In geval paard gebruikt werd om te rijden:) Hoe lang heeft het geduurd voor het paard terug gewerkt kon worden?

U gaaf aan dat ... (naam paard) voor het oplopen van de blessure werd gebruikt voor Heeft hij/zij dit niveau na de behandeling opnieuw bereikt? Indien nee, wat was de reden hiervoor?

Ja

Nee, omdat ...

Bleef uitwendig op het been zichtbaar dat het paard deze blessure heeft gehad?

Ja, nl ...

Nee

Zijn er na de behandeling, anders dan op de universiteit, nog controle foto's gemaakt van de blessure? Zo ja, was dit dezelfde dierenarts die u geraadpleegd heeft na het ontstaan van de breuk?

Ja

Nee

Ik zou graag deze dierenarts(en) contacteren voor (eventuele) nadere informatie (incl RX'en), is dat voor u een probleem? Welke dierenarts(en) was dit?

Ja

nee

Naam dierenarts(en): ...

5. Tevredenheid over het resultaat

Bent u tevreden met het resultaat van de behandeling? Kunt u uw tevredenheid uitdrukken op een schaal van 0 tot 10?

In het geval van een 5 of lager: Kunt u uitleggen waarom u dit cijfer geeft?

Zou u achteraf gezien dezelfde keuzes maken? Waarom wel/niet?

Ja, omdat ...

Nee, omdat ..

Weet ik niet, omdat ...

Heel hartelijk bedankt voor uw hulp. Heeft u zelf nog opmerkingen of vragen voor mij?

Bijlage 2. Ordinale regressieanalyse

Onafhankelijke variabele	N	Chi-square	Degrees of freedom	p-waarde
Signalement	33	14,627	5	,012
Leeftijd	33	6,718	2	,035
Lidmaat	31	3,432	3	,330
Periode	30	2,692	4	,611
Mate	30	3,632	4	,458
Voortekenen	31	1,156	1	,282
Gebruik paard	31	16,235	6	,013
Ontstaan breuk	32	1,366	4	,850
Fractuur	33	0,267	2	,875
Behandeling	32	2,035	1	,154
Aantal schroeven	33	5,302	6	,506
Complicaties	32	0,014	1	,907
Blijvende kreupelheid	33	34,174	1	,000
Uitwendig zichtbaar	33	18,468	4	,001
Hospitalisatie dagen	33	6,502	2	,039

*bij een significant effect (p-waarde < .05) kun je kijken naar kruistabellen om het effect te interpreteren en er iets over te zeggen.

Bijlage 3. Tabel gegevens springpaarden

Springpaard	Leeftijd	Voortekenen	Ontstaan breuk	Fractuur	NBV voor	Andere RX bevindingen
1	6	Licht mank	Onbekend	Eerst EV IC, na 12m M	Onbekend	
2	8		Onbekend	EV IC	Geen	Sclerose rond fractuurlijn
3	8		Vrije beweging	EV IC	Mild	Sclerose rond fractuurlijn
4	13,5		Vrije beweging	EV IC	Onbekend	
5	4,5		Tijdens training	EV IC	Mild	Sclerose rond fractuurlijn
6	18		Tijdens training	EC IC	Mild	Sclerose dorsale helft P1
7	5	Licht mank	Na sprong	EV IC	Mild	Sclerose rond fractuurlijn
8	8		Na sprong	EV IC	Geen	2 DOF en osteoartrose van de kogel
9	13,5		Na sprong	EV IC	Onbekend	
10	7		Na sprong	EV C	Geen	
11	8,5		Na sprong	EV IC	Uitgebreid	Sclerose rond fractuurlijn

Tabel Springpaarden in deze studie. Leeftijd en uitingen van de ontstane fractuur. Fracturen kunnen enkelvoudig incompleet (EV IC), enkelvoudig compleet (EV C) of multipel (M) zijn.