

Stabilizator zewnętrzny własnej konstrukcji do leczenia złamań trzonu kości śródreżca III u koni

BERNARD TUREK, ANDRZEJ POTYŃSKI*, OLGA DREWNOWSKA

Katedra Chorób Dużych Zwierząt z Kliniką, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
*Wydział Mechatroniki, Politechnika Warszawska, ul. Św. Andrzeja Boboli 8, 02-525 Warszawa

Otrzymano 06.06.2014

Zaakceptowano 17.07.2014

Turek B., Potyński A., Drewnowska O.

Own-design external fixator for the treatment of diaphyseal fractures of the third metacarpal bone in horses

Summary

The most popular method of repairing diaphyseal fractures of the third metacarpal bone is the use of two plates attached directly to the bone. However, the closing of tissue over the plates may be difficult. Moreover, many such fractures are open and therefore contaminated and infected. In such situations, plates cannot be applied. The use of implants fixed in the bone with polymer-coated dressing (cast transfixation) is promising, but the stabilization of bone fragments is insufficient, which can lead to the loosening of the connection between the implant and the dressing.

The use of external fixators in the treatment of bone fractures, although quite common in human medicine, is still very rare in horses. No solution for diaphyseal fractures of the third metacarpal bone is currently available on the veterinary market. One possible option might be the use of an external fixator developed by the authors of the present study.

The main part of the fixator consists of three metal rods with a diameter of 8 mm and a length of 23 cm, parallel to each other and placed along the long axis of the bone. In the proximal and distal parts of the device, the rods are connected by crescent-shaped plates. On these three metal rods, arms with implant connectors are mounted, attaching the fixator to the bone. It is attached to the third metacarpal bone by 6-8 self-tapping Apex pins with a diameter of 6 mm.

The device was designed to meet the following requirements: ease of application and removal, small tissue trauma associated with these operations, adjustable flexibility of fixation and possible correction during treatment, low weight, easy access to the operated area and the possibility of treating an existing wound, good stabilization of bone fragments, and suitability for different types of fractures. The new fixator fully satisfies all these requirements.

The fixation achieved by means of the device has successfully passed strength tests, and this solution is planned to be implemented in the treatment of selected fractures in horses, especially transverse diaphyseal fractures of the third metacarpal bone.

Keywords: horse, third metacarpus, diaphyseal fractures, osteosynthesis, external fixator

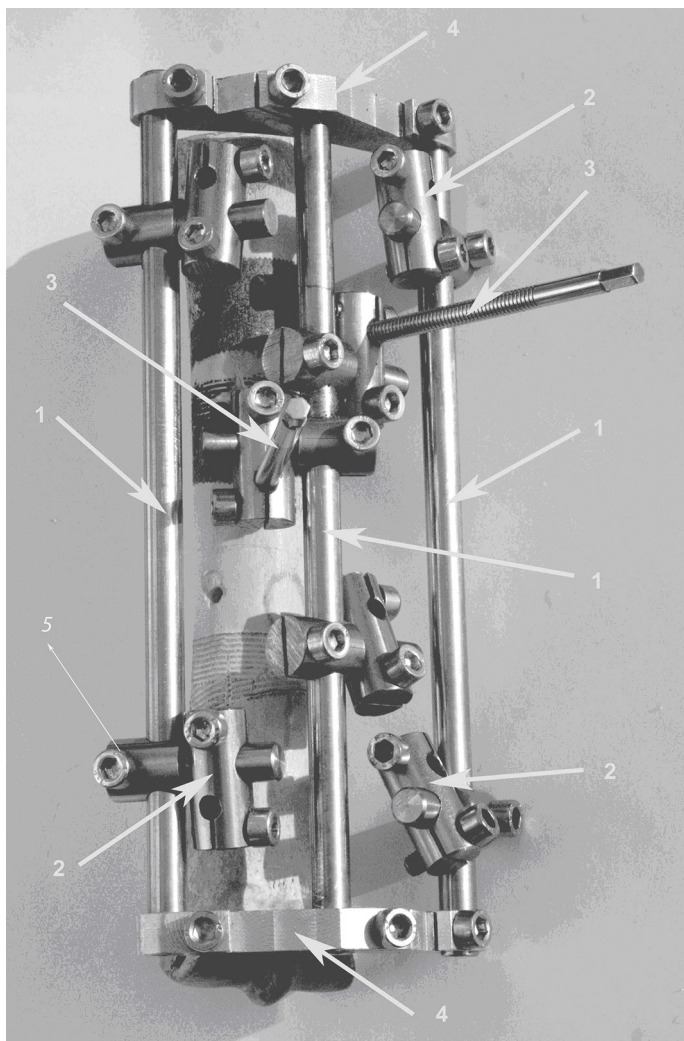
Leczenie złamań trzonu kości śródreżca III u koni jest trudne (3, 5, 15). Zasadniczym problemem jest skąpość tkanek miękkich otaczających kość. Bardzo łatwo dochodzi wtedy do powstania złamań otwartych. Najpopularniejsze rozwiązanie stosowane w tego typu złamaniach to dwie płytki mocowane bezpośrednio na kości (3, 21), czasami jednak zaszcycie tkanek nad nimi jest trudne lub niemożliwe. W przypadkach złamań otwartych, kiedy dochodzi do zanieczyszczenia i zakażenia, zastosowanie płytek jest niemożliwe. Jeśli chodzi o wykorzystanie implantów doszpikowych, to

podejmowano próby z gwoździem ryglowanym, ale rozwiązanie to nie weszło do praktyki codziennej (7, 8, 10, 16). Zasadniczym problemem była mała wytrzymałość konstrukcji. Ponadto w przypadku złamań otwartych istnieją takie same ograniczenia, jak w przypadku płytek. Pewną nadzieję daje użycie implantów zamocowanych w kości, pokrytych opatrunkiem polimerowym (cast transfixation), jednak stabilizacja odłamów nie jest zbyt dobra, ponadto dochodzi do poluzowania się połączenia implantu z opatrunkiem (11-13, 20, 22, 23). Zastosowanie opatrunku obejmującego większą część

kończyny ogranicza ruchomość w stawach, co nie jest korzystne. Zastosowanie stabilizatorów zewnętrznych w leczeniu złamań kości u koni jest sporadyczne (9, 17, 22). Próby wykorzystania aparatu Ilizarowa u koni wykazały, że siła zespolenia nie jest wystarczająca, natomiast ma zastosowanie w leczeniu wybranych złamań kości długich u przeżuwaczy (1, 2, 4, 6). W medycynie ludzkiej stabilizatory zewnętrzne są dość powszechne (19). Natomiast na rynku weterynaryjnym brak jest dotychczas typowego stabilizatora przewidzianego do leczenia złamań trzonu kości śródreżca III.

Jedną z propozycji możliwych do zaakceptowania w leczeniu złamań trzonu kości śródreżca III jest zastosowanie nowo opracowanego stabilizatora zewnętrznego. Poszczególne elementy składowe przedstawione są na ryc. 1. Punktem wyjścia do jego konstrukcji był stabilizator ortopedyczny Dynastab.

Budowa stabilizatora (ryc. 1). Zasadniczą część stabilizatora to trzy metalowe pręty o średnicy 10 mm i długości 23 cm ułożone równolegle względem siebie



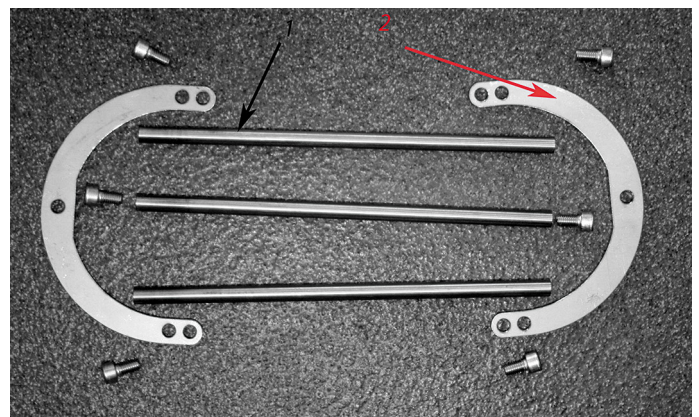
Ryc. 1. Stabilizator zewnętrzny (przed modyfikacją) zamontowany na kość śródreżca III konia

Objaśnienia: 1 – metalowy pręt o średnicy 10 mm; 2 – łącznik grotowkrętów z metalowym prętem; 3 – grotowkręt samogwintujący typu Apex o średnicy 6 mm; 4 – aluminiowy zacisk metalowych prętów; 5 – wysięgnik do zamocowania łączników grotowkrętów

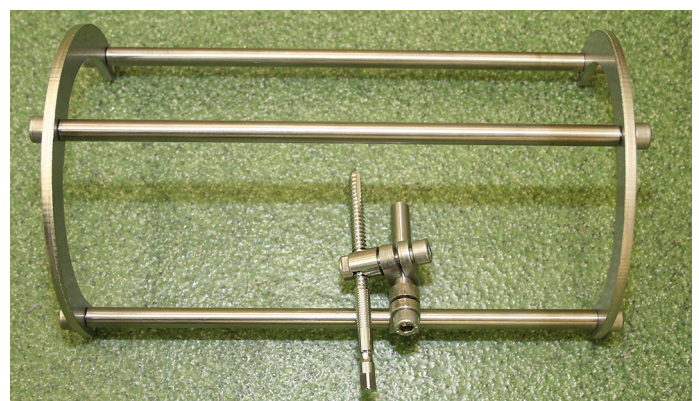
i wzdłuż długiej osi kości. W części bliższej i dalszej stabilizatora pręty połączone specjalnymi zaciskami ciernymi wykonanymi z aluminium. Trzy metalowe pręty posłużą do zamocowania na nich wysięgników, na których z kolei umieszczone są łączniki grotowkrętów. Stabilizator jest mocowany do kości śródreżca trzeciej za pomocą 6-8 grotowkrętów samogwintujących typu Apex o średnicy 6 mm połączonych z konstrukcją stabilizatora za pomocą łączników.

Modyfikacja konstrukcji stabilizatora. Pierwotnie zaprojektowany stabilizator cechował się prostotą konstrukcji, ale jednocześnie nie posiadał możliwości regulacji zacisków w trzech płaszczyznach, co znacznie utrudniało umieszczanie wszczepów w kości. Duża masa stabilizatora była kolejnym problemem. Z tych powodów postanowiono go zmodyfikować w takim stopniu, aby wyeliminować wymienione wyżej wady. Zasadniczy pomysł konstrukcji pozostał ten sam, a mianowicie trzy główne pręty, na których mocowane są wysięgniki połączone w górnej i dolnej części elementami stabilizującymi w postaci podkówek (ryc. 2 i ryc. 3).

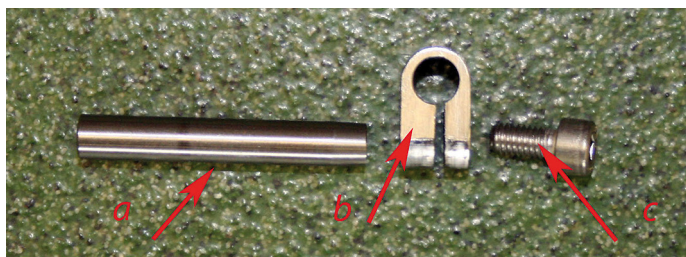
Główne zmiany to: zastąpienie aluminiowych zacisków prętów głównych płytkami w kształcie półkola (podkówek), wymiana trzech głównych prętów o średnicy 10 mm na pręty o średnicy 8 mm, zastosowanie nowych wysięgników, na wysięgnikach z kolei zamocowano zmodyfikowane łączniki grotowkrętów.



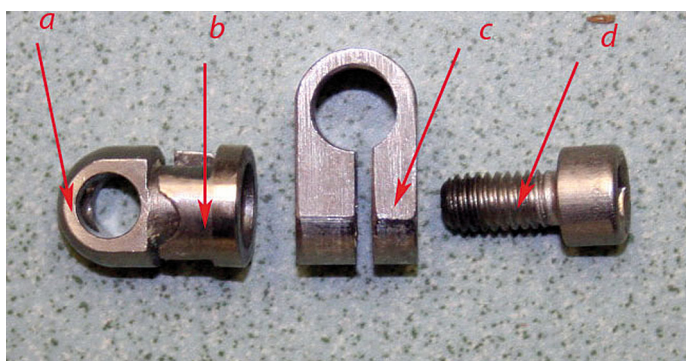
Ryc. 2. Pręty główne (1) i podkówki (2)



Ryc. 3. Stabilizator z wysięgnikiem, łącznikiem i grotowkrętem



Ryc. 4. Elementy składowe wysięgnika; a) pręt o średnicy 8 mm, b) zacisk, c) śruba



Ryc. 5. „Nowy łącznik” grotowkrętów
Objasnienia: a – trzpień; b – tuleja; c – zacisk; d – śruba

Poszczególne elementy stabilizatora po modyfikacji to:

- trzy metalowe pręty o średnicy 8 mm i długości 200 mm (ryc. 2 i ryc. 3). Końce prętów zaopatrzone są w wewnętrzny gwint umożliwiający ich połączenie z podkówkami,

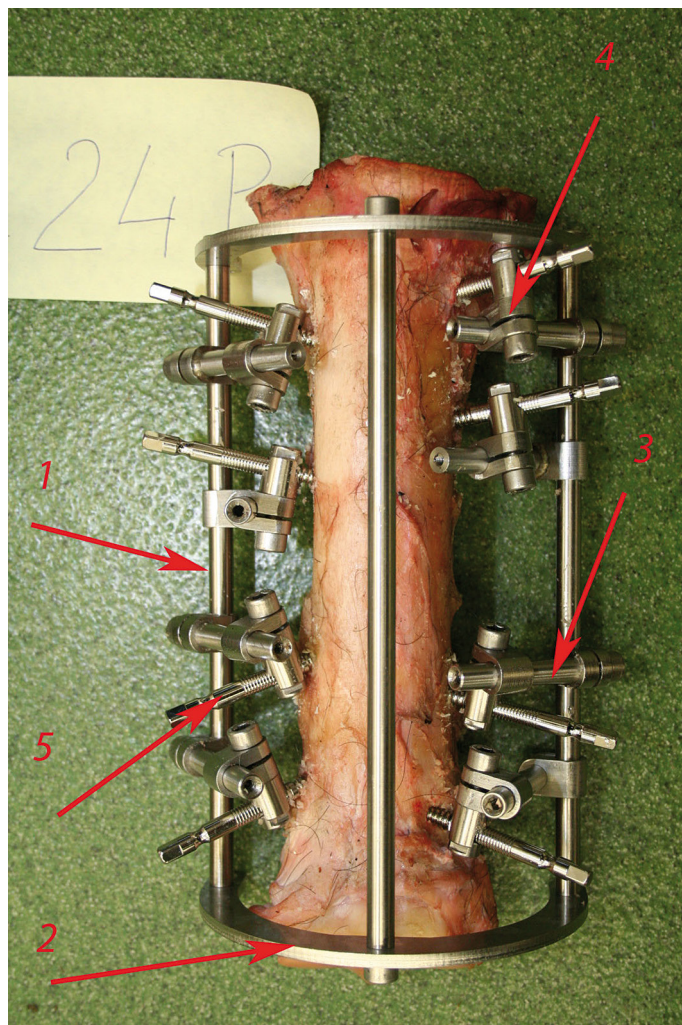
- dwie podkówki o grubości 4 mm służące do mocowania z prętami głównymi za pomocą 3 śrub o średnicy 5 mm (ryc. 2 i ryc. 3),

- wysięgniki w liczbie 8-10 sztuk (ryc. 4). Elementy składowe wysięgnika to: a) pręt o średnicy 8 mm i długości 50 mm zakończony z jednej strony stożkiem służącym do zamocowania z zaciskiem za pomocą śruby M5, b) zacisk, c) śruba.

- łącznik grotowkrętów z prętami głównymi (ryc. 5). Każdy z łączników składa się z 4 elementów: trzpienia, tulei, zacisku i śruby.

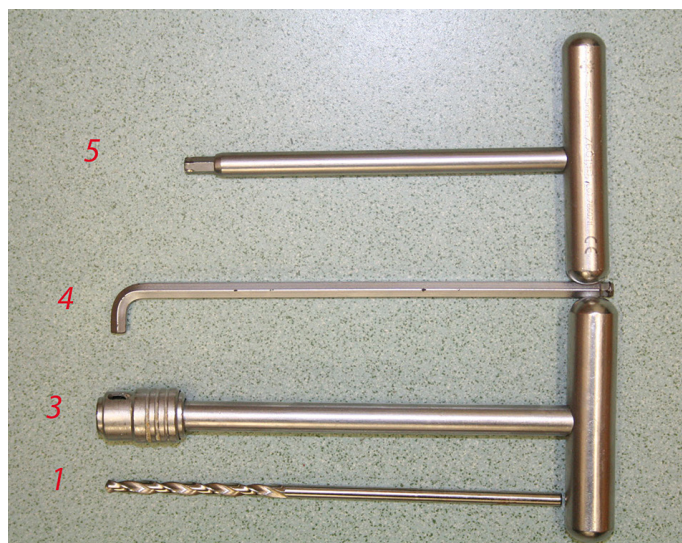
Oprzyrządowanie potrzebne do montażu stabilizatora i wykonania zespolenia: 1) wiertarka z wymiennymi końcówkami, 2) wiertło o średnicy 4,5 mm i zestaw kluczy (klucz do wkręcania grotowkrętów, klucz imbusowy odgięty i prosty do mocowania zacisków i innych elementów stabilizatora (ryc. 7).

Montaż stabilizatora. Montaż rozpoczynano od złożenia poszczególnych elementów stabilizatora. Pierwszym etapem było przygotowanie prętów głównych, podkówek, wysięgników i łączników grotowkrętów (ryc. 2 i ryc. 3). Uzyskanie kompletnych wysięgników wymagało połączenia trzech elementów tj. pręta, zacisku i śruby (ryc. 4). Poszczególne części składowe łącznika grotowkrętów to: trzpień, tuleja, zacisk i śruba (ryc. 5). Po połączeniu prętów jedną podkówką zakładano odpowiednią ilość przygotowanych wysięgników na poszczególne pręty (w zależności od wariantu).



Ryc. 6. Stabilizator zewnętrzny (po modyfikacji) zamontowany na kość śródreżcza III konia

Objasnienia: 1 – metalowy pręt o średnicy 8 mm; 2 – podkówka stabilizująca metalowe pręty; 3 – wysięgnik do zamocowania łączników grotowkrętów; 4 – łącznik grotowkrętów z metalowym prętym; 5 – grotowkręt samogwintujący typu Apex o średnicy 6 mm



Ryc. 7. Zestaw kluczy i wiertła do montażu stabilizatora
Objasnienia: 1 – wiertło o średnicy 4,5 mm; 3 – klucz do wkręcania grotowkrętów; 4 – klucz imbusowy wygięty; 5 – klucz imbusowy prosty

Następnie mocowano drugą podkówkę. Tak przygotowany stabilizator (ryc. 3) nadawał się do zamocowania na kości i wykonania zespolenia. Szczegółowy opis montażu stabilizatora zostanie przedstawiony w kolejnej pracy dotyczącej badań wytrzymałościowych zespolonych kości MC III w trzech różnych wariantach.

Omówienie

Wykorzystanie stabilizacji zewnętrznej jest dość popularne w leczeniu ludzi, natomiast w weterynarii jest stosowane zdecydowanie rzadziej (9, 18-20, 23). Istnieje szereg rozwiązań, które w zależności od konfiguracji możemy określić jako stabilizatory: jednostronne, dwustronne, trójstronne, czwórstronne, półkołowe, kołowe. Zaproponowany przez nas stabilizator zewnętrzny własnej konstrukcji należy do typu półkołowego. Taka konstrukcja była uwarunkowana względami anatomicznymi.

Leczenie złamań trzonu kości śródrezcza III u koni stanowi do dzisiaj poważne wyzwanie dla lekarza zajmującego się tego typu problemami (3, 5, 22, 23). Zarówno u konia dorosłego, jak i źrebięcia leczenie nie zawsze kończy się sukcesem. Ma na to wpływ wiele czynników, takich jak: wiek i masa ciała, rodzaj złamania (otwarte czy zamknięte), stopień skomplikowania złamania (ilość odłamów i konfiguracja złamania), czas udzielenia pierwszej pomocy, sposób zaopatrzenia czasowego, transport do kliniki. Metody najczęściej stosowane w leczeniu takich złamań to płytki przykręcane bezpośrednio do kości. Ten sposób leczenia nie jest pozbawiony wad, stąd potrzeba poszukiwania innych rozwiązań. Jednym z takich sposobów możliwych do wykorzystania jest opracowany przez autorów stabilizator zewnętrzny zaprezentowany w artykule. Stabilizatory zewnętrzne są stosowane sporadycznie w leczeniu wybranych złamań kości u koni i innych dużych zwierząt (1, 2, 6, 9, 12, 20, 22, 23). Brak jest natomiast typowej konstrukcji przewidzianej do leczenia złamań trzonu kości śródrezcza III u koni. Opatrunek odbarczający (walking cast) zaproponowany przez dwóch autorów może być zastosowany w leczeniu wybranych kości palca (18). Po jego zamocowaniu na kości podramienia może być przydatnym rozwiązaniem w leczeniu złamań otwartych, zakażonych wieloodłamowych kości MC III. Największym problemem, jaki się obserwuje w przypadku stosowania tego rozwiązania, jest złamanie kości, na której jest zamocowana konstrukcja, w trakcie wstawania konia po operacji (13). Jeden z autorów zaproponował rozwiązanie w postaci stabilizatora zewnętrznego, które może być wykorzystane w leczeniu skomplikowanych złamań kości palca (20).

Przystępując do projektowania stabilizatora zwracano uwagę na wymagania stawiane dobrym stabilizatorom: łatwość montażu – czas potrzebny do zamocowania stabilizatora powinien być jak najkrótszy, co ma duże znaczenie dla bezpieczeństwa pacjenta, łatwość demontażu – często w przypadku stosowania płytek i śrub ich usunięcie jest trudniejsze niż założenie z powodu obfitej blizny kostnej i zmian występujących w tkan-

kach miękkich, mały uraz tkanek związany zarówno z montażem, jak i demontażem, możliwość regulacji elastyczności zespolenia i ewentualnych korekcyj w czasie leczenia, niska masa własna – stabilizator nie powinien stanowić dużego obciążenia dla pacjenta, brak możliwości utrudniania normalnego funkcjonowania pacjenta – często konstrukcja stabilizatora jest na tyle obszerna, że jest nie do zaakceptowania przez pacjenta i znacznie ogranicza poruszanie się, łatwy dostęp do operowanej okolicy i możliwość pielęgnacji istniejącej rany, zapewnienie dobrej stabilizacji odłamów – stabilizator jako konstrukcja mocowana na zewnątrz kości i to w pewnym oddaleniu nie jest tak wytrzymała, jak zespolenia płytkowe. Wraz ze zwiększeniem odległości od kości wytrzymałość maleje, a elastyczność wzrasta, możliwość wykorzystania w różnych złamaniach – uniwersalność stabilizatora, jako konstrukcja przestrzenna może być także wykorzystany w złamaniach otwartych bez ryzyka rozprzestrzenienia zakażenia – brak bezpośredniego kontaktu stabilizatora i wszczepów z miejscem złamania.

Uwagi dotyczące konstrukcji i modyfikacji stabilizatora

Pierwotnie zaprojektowany stabilizator cechował się prostotą konstrukcji i było możliwe wykonanie go w warunkach „chałupniczych”, jednak po gruntownym przemyśleniu postanowiono wprowadzić kilka zmian, których zasadniczym celem było zmniejszenie masy stabilizatora, zwiększenie swobody umieszczania grotowkrętów w kości poprzez zapewnienie ruchomości poszczególnych elementów służących do ich mocowania w trzech płaszczyznach. Zasadnicza koncepcja konstrukcji stabilizatora pozostała bez zmian. Trzy metalowe pręty długości 200 mm stanowiące konstrukcję przestrzenną zostały połączone w części bliższej i dalszej metalowymi łącznikami (podkówkami) za pomocą śrub o średnicy 5 mm. Zastosowanie podkówek pozwoliło znacznie wzmocnić konstrukcję i ułatwiło montaż stabilizatora. Poza tym wykonanie podkówek jest znacznie prostsze niż wykonanie aluminiowych zacisków. Kształt podkówek zapewnia odpowiednie oddalenie od siebie głównych prętów. W nowej konstrukcji pręty główne znajdują się w odległości 80 mm, co zapewnia większą swobodę mocowania grotowkrętów. Zwiększenie odległości pomiędzy prętami wpływa korzystnie na wytrzymałość konstrukcji (Potyński, dane niepublikowane 2012). Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest znaczna swoboda umieszczenia większej liczby wysięgników z wszczepami wzdłuż odłamu kostnego. Warunki naturalne ograniczają jednak możliwość zwiększania liczby wszczepów, zachodzi zatem konieczność optymalnego wykorzystania ich możliwości przenoszenia obciążeń. Obciążenia przenosi odcinek wszczepu pomiędzy częścią osadzoną w kości a jego uchwytem. Wywołują one momenty zginające $\pm M_g = F l/2$. Te z kolei wywołują naprężenia, które nie mogą przekroczyć wartości dopuszczalnych. Jediną możliwością zmniejszania tych momentów, a zatem

i naprężeń jest skracanie długości odcinka L pomiędzy kością a zaciskiem grotowkrętu, co można uzyskać przez maksymalne zbliżenie uchwytu wszczepu (zacisku) do kości (powierzchni skóry). W stabilizatorze Dynastab wszczep ma kierunek prostopadły do wysięgnika, przez co jego kierunek względem kości wymusza odpowiednie ustawienie wysięgnika i tym samym narzuca długość obciążonego odcinka L wszczepu. W zmodyfikowanej konstrukcji stabilizatora został wprowadzony dodatkowy przegub w zacisku dla grotowkręta, który umożliwia maksymalne jego zbliżenie do powierzchni skóry i przez to skrócenie obciążonego odcinka L wszczepu.

Zmniejszenie średnicy prętów z 10 mm do 8 mm pozwoliło znacznie zredukować masę stabilizatora. Wyliczenia teoretyczne wskazują, że wytrzymałość konstrukcji jest wystarczająca. Zmiana ta sprawiła, że stabilizator stał się bardziej elastyczny. Połączenie trzech głównych prętów stabilizatora z podkówkami odbywa się za pomocą 6 śrub M5 (po 3 w każdej podkóвке) wkręcanych w gwintowaną część pręta. Ten sposób mocowania znacznie ułatwia i przyspiesza montaż. Grubość podkówki wynosi 4 mm, co w porównaniu z aluminiowym zaciskiem, którego grubość wynosiła 10 mm pozwoliło uzyskać więcej przestrzeni w obrębie konstrukcji. Rozstaw otworów w podkówkach jest większy niż w aluminiowych zaciskach, co zwiększa przestrzeń, w której mogą być zakładane wysięgniki i mocowane grotowkręty. Taki układ sprawia, że implanty nie są umieszczone głównie po stronie grzbietowej kości, jak to było w przypadku stabilizatora przed modyfikacją, lecz na większej przestrzeni. Dodatkowe otwory w podkóвке pozwalają wykorzystać je w leczeniu różnej wielkości kości. W przypadku pacjenta o większych rozmiarach jest możliwość wykonania większej podkówki. Istnieje ponadto możliwość wykorzystania prętów o różnej długości w zależności od wielkości konia. Wykorzystanie nowych, lżejszych wysięgników wpłynęło także na zmniejszenie masy stabilizatora. Zastosowanie nowych, lżejszych łączników grotowkrętów, które posiadają możliwości regulacji w trzech płaszczyznach, znacznie ułatwia wprowadzenie i mocowanie wszczepów. W trakcie prowadzonych badań wytrzymałościowych okazało się, że część łączników grotowkrętów ulega uszkodzeniu. Wobec tego faktu konieczne było zaprojektowanie nowych, które zapewniały dobre połączenie i nie ulegały zniszczeniu w trakcie badań.

Ocena przydatności stabilizatora w leczeniu złamań poprzecznych trzonu kości śródrcza III u koni

Do udzielenia odpowiedzi na tak postawione pytanie konieczne jest przeprowadzenie serii badań wytrzymałościowych z użyciem stabilizatora, za pomocą którego zostaną wykonane zespolenia złamanych kości. Na tym etapie natomiast można pokusić się o ocenę, w jakim stopniu nowy stabilizator spełnia wcześniej wymienione cechy dobrego stabilizatora.

Łatwość montażu – założenie nowego stabilizatora wymaga umieszczenia 8-10 implantów w kości i następnie połączenie ich z konstrukcją stabilizatora. Celem umieszczenia grotowkrętów w kości konieczne jest wywiercenie 8-10 otworów o średnicy 4,5 mm, zatem uszkodzenie kości nie jest wielkie. Zastosowanie do tej czynności odpowiedniej wiertarki znacznie ułatwia zadanie. Stosowanie grotowkrętów samogwintujących sprawia, że nie ma konieczności gwintowania wywierconych otworów w kości, zatem potrzebny czas jest znacznie skrócony. Konstrukcję stabilizatora można przygotować wcześniej przed zabiegiem, w związku z czym na tym etapie także następuje oszczędność czasu. Mocowanie konstrukcji stabilizatora z grotowkrętami odbywa się dość szybko pod warunkiem, że dysponuje się odpowiednimi kluczami. Zastosowanie specjalnych kluczy znacznie skróciło czas zarówno wkręcenia grotowkrętów, jak i zamocowania stabilizatora. Elementy stabilizatora znajdują się na zewnątrz kończyny, więc nie ma problemów związanych ze skażeniem tkanek miękkich, jak to ma miejsce w przypadku stosowania płytek (trudności w zasyciu rany i ukryciu płytek pod skórą).

Łatwość demontażu – zdemontowanie stabilizatora i usunięcie grotowkrętów z kości jest bardzo proste i szybkie. Godnym podkreślenia jest fakt, że nie jest do tego potrzebne znieczulenie ogólne lub miejscowe. Co najwyżej konieczne może być niewielkie uspokojenie pacjenta, który może być zaniepokojony odgłosem używanych narzędzi. Odkręcanie poszczególnych elementów stabilizatora jest niebolesne, podobnie jak wykręcenie grotowkrętów z kości. To bardzo ważny argument brany pod uwagę w podjęciu decyzji o rozpoczęciu leczenia. Koszty końcowe są znacznie zredukowane, ponadto pacjent nie jest narażony na dodatkowe znieczulenie ogólne i z tym związane zagrożenia. Kość, w której wywiercono określoną ilość otworów, jest strukturą mocno osłabioną, co może być przyczyną katastrofalnych złamań w czasie wstawania po anestezji. Stabilizator może być z powodzeniem zdemontowany w stajni u właściciela zwierzęcia bez konieczności transportowania konia do kliniki. Często zdarza się, że w czasie transportu dochodzi do poważnych urazów.

Uraz tkanek związany z montażem i demontażem – jak opisano powyżej, jest niewielki.

Możliwość regulacji elastyczności zespolenia – to bardzo ważna cecha, którą stabilizator spełnia w 100 procentach. Istnieje możliwość poluzowania poszczególnych wysięgników i łączników grotowkrętów oraz ich oddalenie. Taka konieczność może zdarzyć się w czasie wytwarzania się obfitej blizny kostnej, która będzie kolidować z elementami stabilizatora. W badanym przypadku była potrzeba oddalenia stabilizatora w leczeniu złamania kości piszczelowej. Dodatkowo oddalenie łączników grotowkrętów zwiększa elastyczność zespolenia, co pobudza miejsce złamania do wytwarzania blizny kostnej. Zmniejszenie średnicy prętów głównych wpłynęło na zwiększenie elastycz-

ności konstrukcji, co w sposób znaczący chroni kość przed jej destrukcją.

Niska masa własna – po przeprowadzonej modyfikacji stabilizatora, konstrukcja stała się znacznie lżejsza. Zredukowanie średnicy prętów głównych z 10 do 8 mm spowodowało prawie dwukrotne zmniejszenie masy. Zaproponowanie nowych wysięgników i łączników grotowkrętów także w znaczący sposób wpłynęło na zmniejszenie masy konstrukcji.

Konstrukcja nie powinna utrudniać funkcjonowania pacjenta – nowy stabilizator znajduje się blisko ciała i nie ma wpływu na normalne poruszanie się. Opatrunek pokrywający urządzenie chroni przed ewentualnymi uszkodzeniami kończyny przeciwnej. Ponadto istnieje dobry dostęp do operowanej okolicy i pielęgnacji rany.

Zapewnienie dobrej stabilizacji odłamów – w związku z oddaleniem konstrukcji stabilizatora od kości nie jest łatwe osiągnięcie tego celu, jednak po dokładnej analizie okazuje się, że największe znaczenie dla wytrzymałości zespolenia kości ma oddalenie mocowania grotowkręta w kości. Zastosowanie łączników grotowkrętów nowego typu pozwoliło na ich umieszczenie maksymalnie blisko pacjenta, co w znaczący sposób wpływa na wzrost wytrzymałości zespolenia. Elastyczność obserwowaną w trakcie badań wytrzymałościowych należy odnotować jako zjawisko korzystne, wpływające dodatnio na powstawanie wzrostu kostnego i na ochronę kości przed jej destrukcją w czasie wstawiania konia po operacji.

Możliwość wykorzystania konstrukcji w różnych rodzajach złamań – nowy stabilizator posiada tę cechę. Stosując różnej długości pręty główne można skonstruować stabilizator dla koni o różnej wielkości. Modyfikując kształt podkówki, jest szansa na wykorzystanie takiej stabilizacji w leczeniu złamań innych kości np. podramienia. Ponadto poszczególne elementy stabilizatora można wykorzystać w leczeniu określonych złamań kości u koni jako stabilizator jednostronny. Autor leczył w ten sposób złamanie kości piszczelowej u 4-miesięcznego źrebięcia i złamanie trzonu żuchwy u konia dorosłego. Leczenie obu złamań zakończyło się sukcesem.

Brak bezpośredniego kontaktu stabilizatora i wszczepów z miejscem złamania sprawia, że może on być także wykorzystany w leczeniu złamań otwartych. Zaprojektowany przez autorów stabilizator jest urządzeniem, które można zastosować w leczeniu tego typu złamań, często zanieczyszczonych i zakażonych. Umieszczenie wszczepów w dużym oddaleniu od linii złamania minimalizuje ryzyko rozprzestrzenienia się zakażenia. W wielu przypadkach jest możliwość zamontowania stabilizatora w sposób zamknięty, bez potrzeby dokładnego odsłaniania linii złamania.

Analizując wszystkie powyżej wymienione cechy dobrego stabilizatora należy stwierdzić, że w każdym z punktów nowy stabilizator spełnia wszystkie wymagania. Jeśli chodzi o wytrzymałość zespolenia wykonanego za pomocą stabilizatora, to odpowiedź pozytywną uzyskano w przeprowadzonych badaniach wytrzyma-

łościowych. Planowane jest wdrożenie tej konstrukcji do leczenia wybranych złamań kości u koni, a w szczególności do leczenia złamań poprzecznych trzonu kości śródreza III.

Piśmiennictwo

1. Aithal H. P., Kinjavdekar P., Amarpal, Pawde A. M., Singh G. R., Setia H. Ch.: Management of tibial fractures using a circular external fixator in two calves. *Vet. Surg.* 2010, 39, 621-626.
2. Aithal H. P., Singh G. R., Hogue M., Maiti S. K., Kinjavdekar P., Pawde A. M., Setia H. C. Amarpal: The use of a circular external skeletal fixation device for management of long bone osteotomies in large ruminants: an experimental study. *J. Vet. Med. A. Physiol. Pathol. Clin. Med.* 2004, 51, 284-293.
3. Auer J. A.: Principles of fracture treatment, [w:] Auer J. A., Stick J. A. (red.): *Equine Surgery*. Saunders Elsevier, St. Louis 2006, s. 1000-1029.
4. Bilgili H., Kurum B., Captug O.: Use of a circular external skeletal fixator to treat comminuted metacarpal and tibial fractures in six calves. *Vet. Rec.* 2008, 163, 683-687.
5. Bischofberger A. S., Furst A., Auer J., Lischer C.: Surgical management of complete diaphyseal third metacarpal and metatarsal bone fractures: clinical outcome in 10 mature horses and 11 foals. *Equine Vet. J.* 2009, 9, 465-473.
6. Cervantez C., Madison J. B., Miller G. J., Casar R. S.: An in vitro biomechanical study of a multiplanar circular external fixator applied to equine third metacarpal bones. *Vet. Surg.* 1996, 25, 1-5.
7. Fitch G. L., Galuppo L. D., Stover S. M., Willits N. H.: An in vitro biomechanical investigation of an intramedullary nailing technique for repair of third metacarpal and metatarsal fractures in neonates and foals. *Vet. Surg.* 2001, 30, 422-431.
8. Galuppo L. D., Stover S. M., Aldridge A., Hewes C., Tylor K. T.: An in vitro biomechanical investigation of an MP35N intramedullary interlocking nail system for repair of third metacarpal fractures in adult horses. *Vet. Surg.* 2002, 31, 211-225.
9. Godoy R. F. De, Filgueiras R. R., Gontijo L. A., Ximenes F. H., De Gouveia L. V., Pereira C. S., Almeida R. M., Leite C. R., Neto A. R., Borges J. R.: Treatment of a Periarticular Tibial Fracture in a Foal with a Hybrid External Fixator. *Vet. Surg.* 2009, 38, 650-653.
10. Herthel D. J.: Application of the interlocking intramedullary nail, [w:] Nixon A. J. (red.): *Equine Fracture Repair*. W. B. Saunders, Philadelphia 1996, s. 371-376.
11. Joyce J., Baxter G. M., Sarrafian T. L., Stashak T. S., Trotter G., Frisbie D.: Use of transfixation pin casts to treat adult horses with comminuted phalangeal fractures: 20 cases (1993-2003). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2006, 229, 725-730.
12. Leskun T. B., McClure S. R., Ward M. P., Downs C., Wilson D. A., Adams S. B., Hawkins J. F., Reinertson E. L.: Evaluation of transfixation casting for treatment of third metacarpal, third metatarsal, and phalangeal fractures in horses: 37 cases (1994-2004). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2007, 230, 1340-1349.
13. McClure S. R., Watkins J. P., Ashman R. B.: In vitro comparison of the effect of parallel and divergent transfixation pins on breaking strength of equine third metacarpal bones. *Am. J. Vet. Res.* 1994 a, 55, 1327-1330.
14. McClure S. R., Watkins J. P., Bronson D. G., Ashman R. B.: In vitro comparison of the standard short limb cast and three configurations of short limb transfixation casts in equine forelimbs. *Am. J. Vet. Res.* 1994 b, 55, 1331-1334.
15. McClure S. R., Watkins J. P., Glickman N. W., Hawkins J. F., Glickman L. T.: Complete fractures of the third metacarpal or metatarsal bone in horses: 25 cases (1980-1986). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1998, 213, 847-850.
16. McDuffee L., Stover S., Taylor K., Les C.: An in vitro biomechanical investigation of an interlocking nail for fixation of diaphyseal tibial fractures in adult horses. *Vet. Surg.* 1994, 23, 219-230.
17. Nunamaker D. M., Nash R. A.: A tapered-sleeve transcortical pin external skeletal fixation device for use in horses: development, application, and experience. *Vet. Surg.* 2008, 37, 725-732. 1986, 15, 345-355.
18. Nemeth F., Back W.: The use of the walking cast to repair fractures in horses and ponies. *Equine Vet. J.* 1991, 23, 32-36.
19. Ramotowski W., Granowski R., Bielawski J.: Osteosynteza metodą Zespol. Teoria i praktyka kliniczna., PZWL, Warszawa 1988, s. 9-15.
20. Richardson D. M.: External skeletal fixation in horses. *Mat. 76. AO kursu Davos* 2002, s. 29-30.
21. Richardson D. M.: The metacarpal and metatarsal bones, [w:] Auer J. A., Stick J. A. (red.): *Equine Surgery* Saunders Elsevier, St. Louis 2006, s. 1238-1253.
22. Sullins K. E., McIlwraith C. W.: Evaluation of 2 Types of External Skeletal Fixation for Repair of Experimental Tibial Fractures in Foals. *Vet. Surg.* 1987, 16, 255-264.
23. Watkins J. P.: Transfixation casting: Indications and techniques. *Mat. 76. AO kursu, Davos, Szwajcaria* 2002, s. 27-28.

Adres autora: dr Bernard Turek, ul. Jutrzenki 6, Ustanów, 05-540 Zalesie Górne; e-mail: turekbernard@go2.pl