

Dynamic Locking Screw – DLS

■ Stefan Döbele, Steffen Schröter, Dankward Höntzsch, Ulrich Stöckle, Thomas Freude

Zusammenfassung

Heute zählt die Versorgung von dia- und metaphysären Frakturen unter Verwendung eines winkelstabilen Platte-Schrauben-Konstrukts (LCP) zum „Goldstandard“ in der Unfallchirurgie. Dieses Prinzip der winkelstabilen Kopfverriegelungsschraube wird auch als „Fixateur interne“ titulierte und weist hierbei im Vergleich zu nicht winkelstabilen Implantaten Vorteile auf. Im Wesentlichen sind die Vorteile, wie in der Einleitung genannt, dadurch begründet, dass die Platte minimalinvasiv eingebracht werden kann [1,2]. Die Frakturzone wird von der Platte überbrückt und bleibt unangetastet. Die Schrauben werden sowohl im proximalen als auch im distalen Fragment außerhalb der Frakturzone im Knochen verankert. Die Reposition der Fraktur geschieht dabei zumeist indirekt und dadurch gelingt es, die Weichteile und die Blutversorgung, insbesondere der mikrovaskulären Strukturen, im Bereich der Fraktur zu schonen, weshalb dieses Osteosyntheseverfahren auch unter dem Begriff biologische Plattenosteosynthese bekannt wurde [2]. Im Gegensatz zur anatomischen offenen Reposition mit absoluter Stabilität und primärer Knochenheilung beruht die sog. „biologische“ winkelstabile Plattenosteosynthese auf dem Prinzip der sekundären Knochenheilung [1,2,4,5]. Da die einzelnen Fragmente der Fraktur

nicht passgenau zusammengesetzt werden und somit ein direkter Kontakt nicht zwangsläufig entsteht, ist auch eine primäre Knochenheilung biologisch nicht möglich, da die zu überbrückende Distanz zwischen den Frakturanteilen dies verhindert. In diesen Fällen reagiert der Knochen mit einer sekundären Knochenheilung im Sinne einer Überbrückung der Defektzone über die Ausbildung eines Kallus. Die Kallusbildung bedarf minimaler Frakturbewegungen im Bereich von Zehntelmillimetern als Stimulus. Das verwendete Osteosyntheseverfahren muss diese Mikrobewegungen im gewissen Rahmen zulassen, da es ansonsten zur Ausbildung einer hypotrophen Pseudarthrose, bedingt durch zu hohe Rigidität, kommen kann.

Dynamic Locking Screw – DLS

Today management of diaphyseal and metaphyseal fractures by the use of an angle-stable plate-screw construction (locking compression plates, LCP) is considered to be the gold standard in trauma surgery. This principle of angle-stable locking screws is also known as “internal fixateur” and exhibits several advantages compared with non-angle stable implants. Essentially these advantages, as mentioned in the Introduction, due to the fact that the plate can be applied in a minimally invasive technique [1,2]. The fracture zone is

covered by a plate and remains untouched. The screws can be anchored in the bone not only in the proximal but also in the distal fragments beyond the fracture zone. Repositioning of the fracture is mostly indirect and so the soft tissue and blood supply, especially microvascular structures in the region of the fracture are preserved. For this reason this osteosynthesis procedure is also known as biological plating [2]. In contrast to anatomic open repositioning with absolute stability and primary bone healing, the so-called biological, angle-stable plating is based on the principle of secondary bone healing [1,2,4,5]. Since the individual fragments of the fracture are not exactly repositioned and thus a direct bone-to-bone contact is not automatically achieved a primary bone healing is not biologically possible but is rather prevented by the distances to be bridged. In these cases the bone responds with a secondary bone healing in the sense of a bridging of the defect zone by callus formation. Callus formation requires minimal fracture movements in the range of 0.4 mm as a stimulus. The employed osteosynthesis system must allow these micromovements within a certain tolerance as, otherwise, the development of a hypotrophic pseudoarthrosis may occur due to the high rigidity.

Einleitung

Klinisches Problem/ Biologie der Frakturheilung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für den Operateur, Einfluss auf die Elastizität bzw. Steifigkeit einer biologischen Plattenosteosynthese und damit auf die Frakturbewegung zu nehmen [3]. Bspw.

gelingt es, die Steifigkeit einer Osteosynthese zu verringern, indem eine längere Platte mit weitgreifender Überbrückung der Frakturzone gewählt wird. Eine höhere Elastizität der Osteosynthese hat eine vermehrte Frakturbewegung zur Folge, wobei diese im Wesentlichen durch das elastische Biegen der Platte unter Belastung hervorgerufen wird [4, 5]. Dies hat den Nachteil, dass die Frak-



Abb. 1 Verzögerte Knochenheilung bei einem jungen Patienten mit einer distalen Tibiafraktur. Das Follow-up zeigt eine zunehmende Kalluswolke plattenfern, jedoch keinen Kallus im Bereich der Platte.

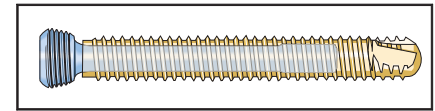


Abb. 2 Dynamische Kopfverriegelungsschraube.

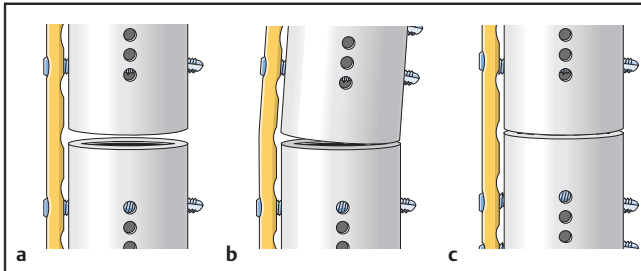


Abb. 3 a bis c Winkelstabile Plattenosteosynthese mit LCP (a), asymmetrische Frakturbewegung mit „locking screws“ (b). Symmetrische Frakturbewegung mit „dynamic locking screws“ (c).

turbewegung asymmetrisch ist und mit dem Abstand zur Platte zunimmt. Eine zu geringe Frakturbewegung plattennah kann zu einer verzögerten Knochenheilung führen, was in zahlreichen internationalen Publikationen und auch in einer eigenen Nachuntersuchung distaler Tibiafrakturen gezeigt werden konnte. Von 51 Patienten, die mit einer distalen Tibia-LCP versorgt wurden, kam es in 18% zu Zeichen der verzögerten Knochenheilung [6]. Bei den Patienten mit verzögerter Knochenheilung zeigte sich im Röntgenbild eine charakteristische Kallusverteilung mit viel Kallus plattennah und nur wenig oder keinem Kallus plattennah (**Abb. 1**). Diese Beobachtung untermauerte die Hypothese, dass in einigen Fällen die Frakturbewegung plattennah nicht ausreicht, um eine adäquate Kallusbildung zu stimulieren.

Problemlösung durch neues Schraubenkonzept – DLS

Um das Problem der verzögerten Frakturheilung und der asymmetrischen Kallusbildung zu verbessern, wurden verschiedene Überlegungen und Lösungsvorschläge in den letzten Jahren hervorgebracht [4,5,7]. Meist wurden zugunsten einer verbesserten Elastizität und einer vermehrten Frakturbewegung Kompromisse in der erwünschten Stabilität der Osteosynthese eingegangen.

Das Prinzip der neuen dynamischen Kopfverriegelungsschraube (Dynamic Locking Screw – DLS) beruht auf einer Weiterentwicklung der konventionellen winkelstabilen Plattenosteosynthese. Die Vorteile der herkömmlichen Winkelstabilität werden beibehalten bzw. durch eine dynamische Komponente ergänzt [4]. Der Schraubenkopf (Platten-Schrauben-Interface) ist über einen Stift mit einer Gewindehülse (Schrauben-Knochen-Interface) verbunden (**Abb. 2**). Das Spiel zwischen Stift und Gewinde ermöglicht die zusätzliche Bewegung zwischen Platte und Knochen.

In **Abb. 3** und **4** ist der Effekt der Schraube im Osteosynthesekonstrukt schematisch dargestellt. Während es bei einer herkömmlichen Plattenosteosynthese zu einer asymmetrischen Frakturbewegung kommt (3b), ermöglicht die dynamische Kopfverriegelungsschraube eine gleichförmige Frakturbewegung an der Gegenkortikalis und zugewandten Kortikalis (trans- und ciscortex) (3c). Bei den Kleinfragmentschrauben (DLS 3,7 mm) beträgt die Bewegung zwischen Kopf und Gewindehülse 0,2 mm und bei den Großfragmentschrauben (DLS 5,0 mm) 0,35 mm. Die Schrauben bestehen aus einer Kobalt-Chrom-Molybdän (CoCrMo)-Legierung und sind mit herkömmlichen Synthes-Platten (LCP und VA LCP) aus Titan oder Stahl zu verwenden. Durch die verwendete CoCrMo-Legierung ergeben

sich mehrere Vorteile. Trotz komplexer Schraubengeometrie kann die Dauerfestigkeit der DLS durch die Verwendung von CoCrMo gewährleistet werden. Weiterhin zeigten sich deutliche Vorteile bei der Implantatentfernung. Im Tierexperiment am Schafsbeckenknochen konnte gezeigt werden, dass die CoCrMo-Schrauben ein geringeres Einwachsverhalten (Bone to implant contact) als Titanschrauben haben [8]. Die Implantatentfernung wird somit erleichtert. Hinsichtlich der Kombination von CoCrMo-Schrauben und Titan- bzw. Stahlimplantaten ergaben sich in verschiedenen Untersuchungen keine Nachteile. Somit ist der Materialmix in diesem Fall möglich.

Das neue Schraubenkonzept ermöglicht eine Bewegung zwischen Schraubenkopf und Schraubengewinde.

Biomechanische Untersuchung und Tierstudie

Um den dynamischen Effekt der Schraube zeigen zu können, wurden verschiedene biomechanische Untersuchungen und Tierstudien durchgeführt. Im Vordergrund stand hierbei die Frage, wie sich eine Osteosynthese mit dynamischen Kopfverriegelungsschrauben im Konstrukt verhält. In den biomechanischen Tests zeigte sich eine signifikante Steigerung der interfragmentären Bewegung plattennah um bis zu 120% (von 0,14 mm LS zu 0,314 mm DLS) [4]. Dieses Ergebnis spricht für eine homogene Frakturspaltbewegung unter Verwendung des dynamischen Systems im Vergleich zur nicht dynamischen Osteosynthese. Das biomechanische Ergebnis konnte im Tierexperiment untermauert werden. Im Tierexperiment (standardisierte Osteotomie einer Schafstibia) wurden 2 Gruppen verglichen (LS vs. DLS). Hier zeigte die DLS-Gruppe eine homogene Kallusverteilung im Vergleich zu einer asymmetrischen Kallusverteilung in der LS-Gruppe [9]. Dieses Ergebnis, welches mittels μ -CT ermittelt wurde, spricht ebenfalls für eine symmetrische Frakturbewegung des dynamischen Systems im Vergleich zu konventionellen winkelstabilen Plattenosteosynthesen. Weiterhin zeigte die DLS-Gruppe nach

12 Wochen eine höhere Torsionssteifigkeit und -festigkeit im Vergleich zur Gruppe mit konventioneller Versorgung.

Eine Änderung in der Anwendbarkeit der Schraube oder eine Verminderung der Stabilität des Schrauben-Platten-Konstrukts im Vergleich zu herkömmlichen winkelstabilen Implantaten zeigte sich nicht. Nach Erfolg versprechendem Abschluss der biomechanischen Tests und der Tierstudien wurde im November 2008 mit den ersten klinischen Anwendungen der Kleinfragment-3,7-mm-DLS in 5 europäischen unfallchirurgischen Zentren begonnen. Die ersten Anwendungen der Großfragment-5,0-mm-DLS begannen im November 2011.

Erste klinische Erfahrungen

Änderungen für den OP-Ablauf

Die DLS ist hinsichtlich ihres Handlings im OP mit einer herkömmlichen nicht dynamischen winkelstabilen Schraube (LS) zu vergleichen.

Zu beachten sind folgende Komponenten, die sich verändert haben:

- Spezielle winkelstabile Bohrbüchse für die Kleinfragment-DLS 3,7 mm.
- Torx (Stardrive).
- Jede Schraube ist einzeln steril verpackt und muss nach Messung der Länge separat ausgepackt und angebracht werden.
- Eine Re-Sterilisierung ist nicht möglich.
- Lieferbare Schraubenlänge DLS 3,7: 22–70 mm
- Lieferbare Schraubenlänge DLS 5,0: 30–70 mm
- Einschrauben der DLS nur mit Drehmomentbegrenzer (TLA).

Die DLS-Kleinfragment 3,7 mm ist seit Mitte 2011 und die DLS-Großfragment 5,0 mm ist seit Anfang des Jahres 2012 als offiziell zugelassenes Implantat der Firma Synthes zu beziehen. Im Herbst 2010 begannen im Rahmen einer limitierten Studie die ersten Implantationen der Kleinfragment-DLS. Der Indikationsbereich erstreckte sich anfänglich auf einfache dia-/metaphysäre distale Tibiafrakturen mit der Intention, die Vorteile der DLS klinisch zu belegen. Im Fall der distalen Tibiafrakturen wurde der Fokus primär auf die dort bekannte Problematik der verzögerten Knochenheilung gelegt. Erwartet wurde, durch die Verwendung der DLS eine homogenere Frakturheilung unter axialer Belas-

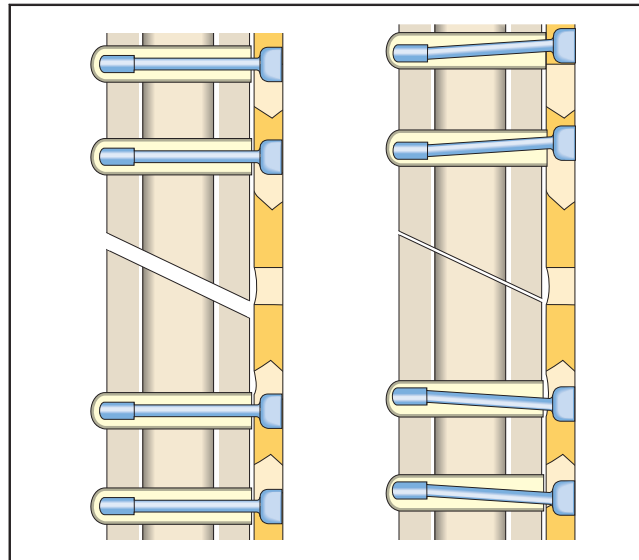


Abb. 4 Dynamisierungseffekt der DLS.

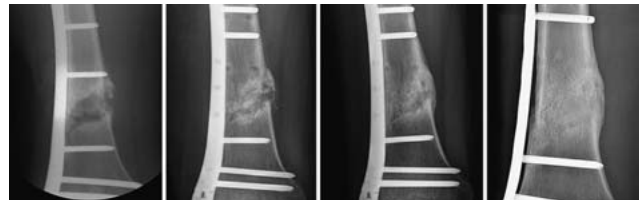


Abb. 5 Versorgung einer distalen Femurfraktur mit der dynamischen Kopfverriegelungsschraube (DLS).

tung zu erreichen und damit eine symmetrische Verteilung der Kallusbildung und eine Verminderung an verzögerter Frakturheilung zu beobachten.

In Folge wurde der Indikationsbereich auf proximale Humerusfrakturen erweitert. Hintergrund der geplanten Verwendung der DLS bei dieser Indikation waren die häufig zu beobachtenden sekundären Repositionverluste und das Durchschneiden der Humeruskopfschrauben durch die Kalotte bei stark osteoporotisch verändertem Knochen. In biomechanischen Tests konnte gezeigt werden, dass im osteoporotischen Knochen die Last bis zu 80% über eine Schraube getragen wird. Unter Verwendung der DLS kann diese Kraft vermutlich homogener auf mehrere Schrauben verteilt werden. Zusätzlich ergeben sich Vorteile durch die runde Schraubenspitze.

Seit Oktober 2011 werden erste klinische Erfahrungen mit der 5,0-mm-DLS primär bei der Versorgung von distalen Femurfrakturen gesammelt. Die ersten, bislang nicht publizierten Ergebnisse sind vielversprechend (**Abb. 5**).

Fazit

Die DLS stellt eine Weiterentwicklung der konventionellen winkelstabilen Schrauben dar. Die Vorteile der Winkelstabilität bleiben dabei erhalten und werden um eine dynamische Komponente erweitert. Dies führt zu einer homogenen Frakturheilung und Kallusverteilung. Der Operateur kann die Rigidität mithilfe der DLS gezielt und kontrolliert beeinflussen. Die Prinzipien der Frakturversorgung bestehen weiterhin und sollten auch bei der Anwendung der DLS beachtet werden.

Literatur

- ¹ Schmal H et al. Flexible fixation and fracture healing: do locked plating 'internal fixators' resemble external fixators? J Orthop Trauma 2011; 25 (Suppl. 1): S15–S20
- ² Perren SM, Perren T, Schneider E. [Are the terms "biology" and "osteosynthesis" contradictory?]. Ther Umsch 2003; 60: 713–721
- ³ Stoffel K et al. Biomechanical testing of the LCP – how can stability in locked internal fixators be controlled? Injury 2003; 34: 11–19
- ⁴ Dobele S et al. The dynamic locking screw (DLS) can increase interfragmentary motion on the near cortex of locked plating constructs by reducing the axial stiffness. Langenbecks Arch Surg 2010; 395: 421–428
- ⁵ Bottlang M et al. Far cortical locking can reduce stiffness of locked plating constructs while retaining construct strength. J Bone Joint Surg [Am] 2009; 91: 1985–1994

- ⁶ Horn C et al. Combination of interfragmentary screws and locking plates in distal meta-diaphyseal fractures of the tibia: a retrospective, single-centre pilot study. *Injury* 2011; 42: 1031–1037
- ⁷ Bottlang M et al. Far cortical locking can improve healing of fractures stabilized with locking plates. *J Bone Joint Surg [Am]* 2010; 92: 1652–1660

- ⁸ Plecko M et al. Osseointegration and biocompatibility of different metal implants – a comparative experimental investigation in sheep. *BMC Musculoskelet Disord* 2012; 13: 32
- ⁹ Plecko M et al. The influence of different osteosynthesis configurations with locking compression plates (LCP) on stability and fracture healing after an oblique 45 degrees angle osteotomy. *Injury* 2012; 43: 1041–105

Dr. med. Stefan Döbele

Assistenzarzt

Dr. med. Steffen Schröter

Assistenzarzt

Prof. Dr. med. Dankward Höntzsch

Leiter der Abteilung für
medizintechnische Entwicklungen

Prof. Dr. med. Ulrich Stöckle

Ärztlicher Direktor

Dr. med. Thomas Freude

Oberarzt

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen
Schnarrenbergstraße 95
72076 Tübingen
sdoebele@bgu-tuebingen.de