

Ein neuer Gleitknoten für laparoskopische Operationen in Verbindung mit einem neuen Knotenschieber : Ein universelles und kostengünstiges System

I. von Leffern

Ziel der Entwicklung minimal invasiver Operationstechniken muß es unter anderem sein, Bewährtes der offen chirurgischen Techniken zu imitieren und so praktikabel wie möglich in die minimal invasiven Techniken einzubinden. Nur so ist gewährleistet, daß der hohe operative Standard, der sich über einen jahrzehntelangen Zeitraum in der offenen Chirurgie entwickelt hat, auch in der minimal invasiven Chirurgie erhalten bleibt.

Knotungen bei Umstechungen oder Ligaturen anatomischer Strukturen sind bisher auf verschiedenste Weise für die minimal invasive Chirurgie entwickelt worden. Allein das mag als Indiz gelten, daß eine Imitation des mit der Hand geknüpften Knotens bisher nicht zufriedenstellend erreicht wurde (1,2). Insbesondere dann nicht, wenn die zu vereinigenden Strukturen unter Spannung stehen, wie es z.B. bei der Uterusnaht nach Myomenukleationen oder bei der Kolposuspension der Fall ist. Hierfür eignen sich intrakorporale, instrumentelle Knotungen nicht gut, weil sie nicht unter ausreichender Spannung geknüpft werden können. Auch für die spannungsärmeren Knoten bei Gefäßligaturen sind intrakorporale Knotungen nicht geeignet, da sie nicht fest genug zugezogen werden können. Die intrakorporale Knotung erfordert ein erhöhtes Maß an operativem Geschick und Training, weil die Techniken im zweidimensionalen Raum der Videolaparoskopie schwierig auszuführen sind.

Um das mühevollen Knoten überhaupt zu vermeiden, ist in den letzten Jahren eine große Anzahl von Neuentwicklungen und Erfindungen in die minimal invasive Chirurgie eingeflossen (Nahtgeräte, Fertigschlingen, Klammergeräte, Stapler, Laser, Ultracision, etc...).

Alle diese Techniken haben den Nachteil, daß sie im Vergleich zu einer Naht oder Unterbindung erstens unverhältnismäßig teuer und zweitens nicht universell einsetzbar sind. Sie sind nicht zur Durchtrennung wie auch zur Approximierung von Gewebe gleichermaßen geeignet und Gewebe unter hoher Spannung lassen sich mit den o. g. Methoden kaum vereinigen oder unterbinden.

In Ermangelung einer Knotentechnik, die einerseits praktikabel zu handhaben ist und andererseits hohen Kräften standhält, suchte der Autor nach einem Gleitknoten, der sich einfach und schnell legen läßt und außerdem sicher und zugfest ist.

Durch systematisches Probieren entstand auf dem Boden des WESTON-Knoten (3), der sich besonders schnell und leicht legen läßt, ein neuer Gleitknoten mit gänzlich neuen Eigenschaften.

Der Knoten

Mit der üblichen Nomenklatur sind die komplexen Gleitknoten nicht zu beschreiben (4) . Speziell bei dem neuen Knoten kommt noch hinzu, daß er seine Konfiguration ändert, wenn er unter Spannung steht.

Funktionell ist dieser Knoten als ein selbstverriegelnder Gleitknoten konzipiert. Das bedeutet, daß es einen axialen oder zentralen Strang gibt, an dem der Knoten heruntergeschoben werden kann. Kommt jedoch Zug in umgekehrter Richtung auf den Knoten, bewirkt die spezielle Architektur, daß sich der Knoten umformt und verriegelt. Dieses ist ein Effekt der "doppelten Achter-Tour", mit der dieser Knoten gelegt wird. Gleichzeitig zu der Verriegelung zieht sich der Knoten zu und verdichtet sich dabei derart, daß die Reibungskräfte ein Zurückgleiten des Knotens weitestgehend verhindern (7).

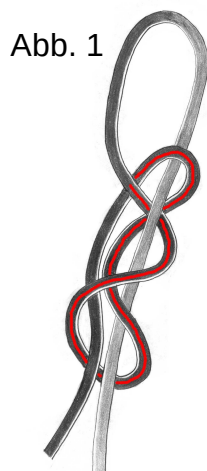
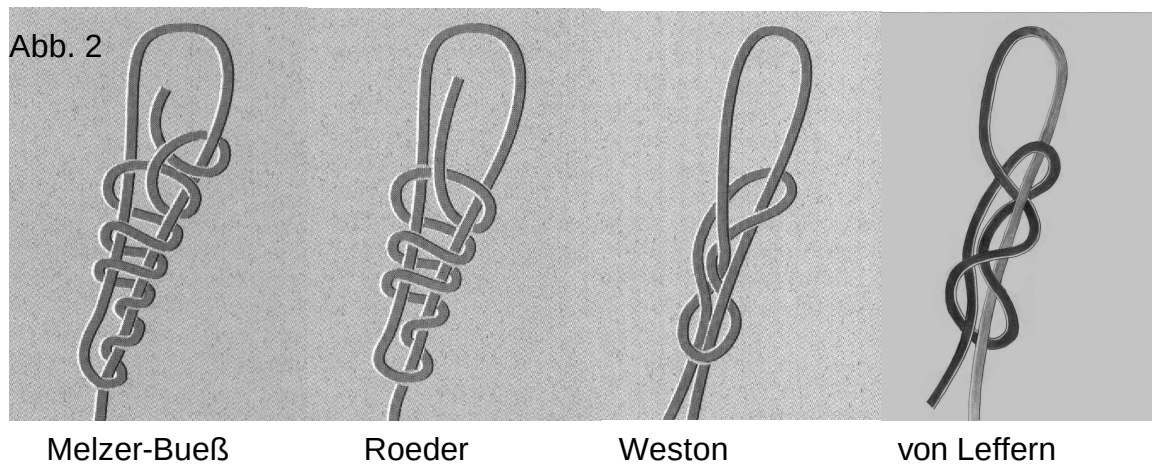


Abb. 1

Abbildung 1 zeigt die Knotenarchitektur und die spezielle Doppelacht - Konfiguration. Durch die drei Schlingen der Doppelacht verläuft der zentrale Strang, an dem der Knoten heruntergeschoben wird.

Zum Vergleich mit anderen Gleitknoten siehe Abbildung 2.

Hier sind die in Deutschland am häufigsten verwendeten Knoten, der Melzer-Bueß-Knoten, der Roeder-Knoten und der Weston-Knoten, neben dem neuen Knoten gezeigt.



Um die Funktionalität des neuen Knoten mit den etablierten Knoten vergleichen zu können, hat der Autor Messungen der Knotenhaltekräfte an einem industriellen Zugkraftmeßgerät durchgeführt.

Messung der Knotenkräfte

Für die Messung der Knotenkräfte wurden die Knoten unter standardisierten Bedingungen mit festgelegter Kraft geknüpft, da für die Haltbarkeit eines Knotens selbstverständlich die Kraft, mit der der Knoten geknüpft und zugezogen wird mit ausschlaggebend ist. Die Knoten wurden jeweils an beiden Enden mit definierter Kraft zugezogen, wobei der Faden um ein Stahlrohr zu einer Schlinge geknotet wurde.

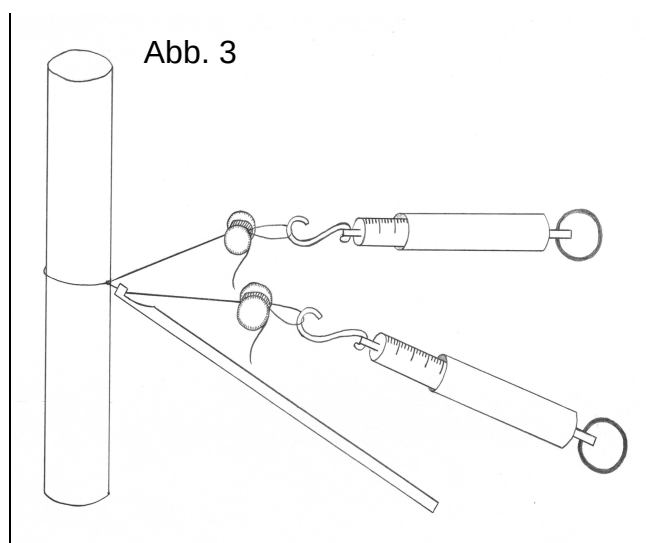
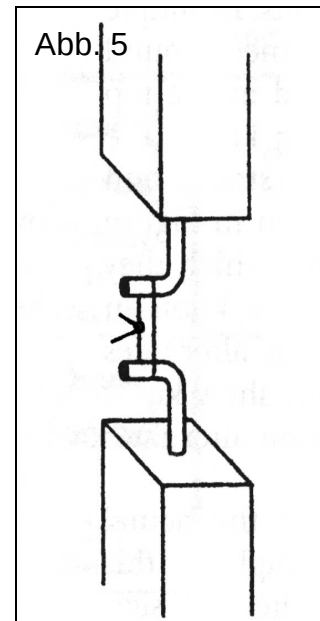
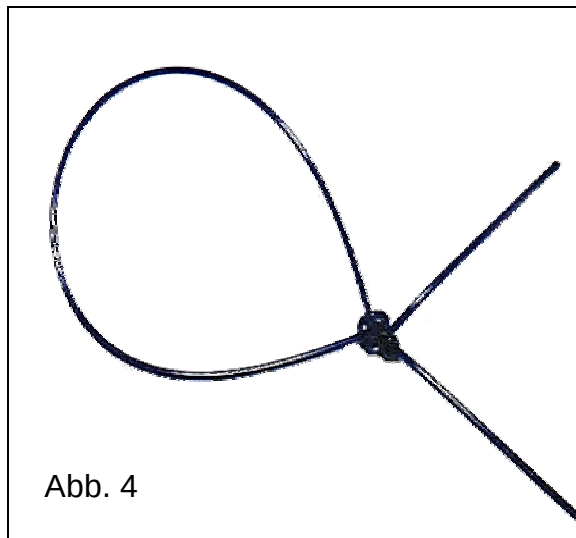


Abbildung 3 zeigt den aufwendigen Versuchsaufbau zum Knüpfen der Knoten mit definierter Kraft. Dabei wurden die Kräfte mit Hilfe von Federwaagen gemessen.

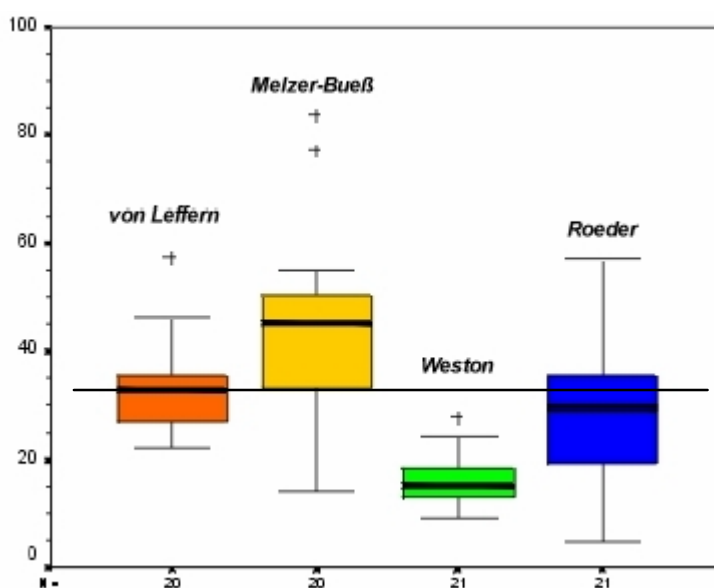
Die geknüpften Schlingen (Abb. 4) wurden anschließend vom Stahlrohr heruntergenommen und in die Meßapparatur eingespannt (Abb. 5) .



Gemessen wurde die maximale Kraft, die nötig war, um die Schlinge so auseinanderzuziehen, daß der Knoten durchrutschte.

Die Knotenkräfte wurden so unter unterschiedlichen Bedingungen (verschiedene Fadenstärken, verschiedenes Fadenmaterial, teilweise in blutigem Milieu) verglichen. In der Abb. 6 ist exemplarisch die Boxplot Verteilung der Kräfte

Abb. 6



für Vicryl 0 in blutigem Milieu dargestellt. Die asymptotische Signifikanz ist für den Vergleich aller 4 Knoten nach dem Kruskal-Wallis Test mit $p = 0,0005$ berechnet. Damit sind die Unterschiede zwischen den Knoten hoch signifikant. Der neue Knoten liefert die zweithöchsten Haltekräfte und gegenüber dem Roeder-Knoten und dem Melzer-Bueß-Knoten

die geringere Varianz, was bedeutet, daß er verhältnismäßig gleichmäßige (und damit zuverlässige!!) Krafteigenschaften hat.

Noch zuverlässiger in der Varianz ist der Weston-Knoten, der aber bezüglich der Kraft stark gegenüber den anderen Knoten abfällt.

Es liegt hier folgender Zusammenhang nahe, wenn man sich die Knotenarchitekturen betrachtet: Je komplexer und aufwendiger ein Knoten ist, um so größer ist die Varianz der Kraft.

Die Knotenmasse

Trimbos, Brohim und van Rijssel (5) testeten sieben verschiedene, in der Chirurgie übliche Knoten. Sie verwendeten dabei zwei verschiedene Nahtmaterialien (monofil und geflochten) sowie zwei verschiedene Stärken. Sie konnten zeigen, daß das Knotenvolumen deutlich stärker von dem verwendeten Material als von den verwendeten Knoten abhängt. Außerdem zeigten sie, daß das Knotenvolumen direkt proportional zu dem gesamten Aufkommen an entzündlichen Reaktionen um einen Knoten herum ist.

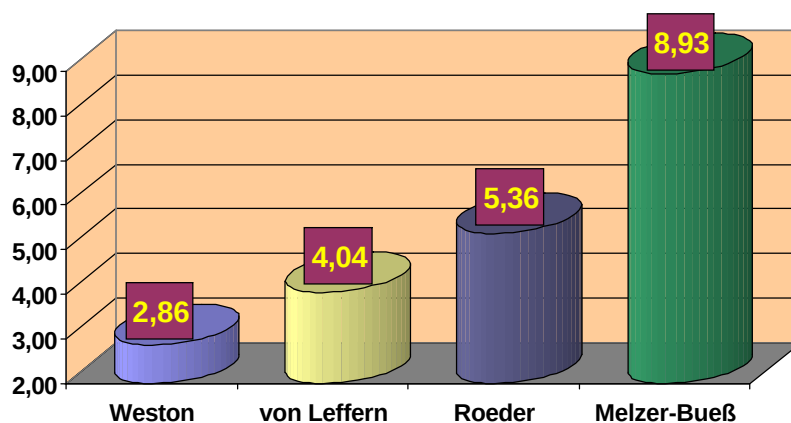
Die Empfehlung der Autoren lautet deshalb, Techniken zu verwenden, die das Knotenvolumen so gering wie möglich halten.

Dieser Empfehlung schließen sich auch Israelsson und Jonsson in ihrer Publikation über selbstblockierende Knoten an (6).

Untersucht man die Knotenmasse der 4 verschiedenen Gleitknoten, so ergibt sich eine eindeutige Beziehung zwischen der Komplexität und der Knotenmasse.

Abb. 7 zeigt diese Verhältnisse eindrucksvoll. Gezeigt ist das Gewicht in mg pro Einzelknoten. Der neue Knoten hat ein deutlich geringeres Volumen und Gewicht als der Roeder-Knoten und der Melzer-Bueß-Knoten.

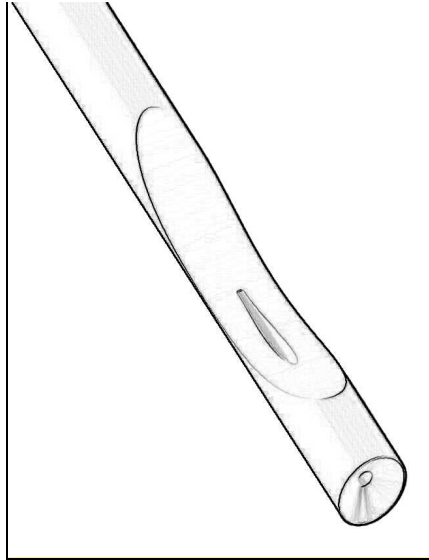
Abb. 7



Der Knotenschieber

Bei dem neu entwickelten Knotenschieber handelt es sich um einen universellen, geschlossenen, resterilisierbaren Knotenschieber. Das Instrument ist aus einem

Abb. 8



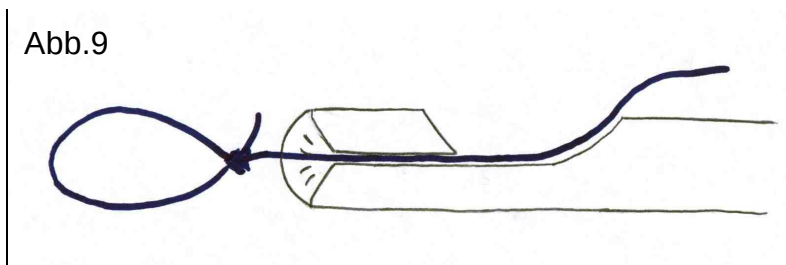
380 mm langen und 4.5 mm starken Volledelstahlstab gefertigt. Er ist an beiden Enden verwendbar und hat zwei verschieden starke Bohrungen für unterschiedliche Fadenstärken. Auf der einen Seite ist eine zentrale Bohrung von 1,1 mm Durchmesser auf der anderen Seite eine Bohrung von 0,6 mm Durchmesser angebracht. Um den Faden auch in abgedunkelten Räumen leicht einfädeln zu können, sind die beiden Enden des Stabes trichterförmig ausgefräst. Diese Trichter enden dann in der zentralen Bohrung.

Um den Faden leicht nach dem Einfädeln entgegennehmen zu können, endet die Bohrung in einer fingerbreiten, dellenförmigen Aussparung. Der Faden wird somit beim Durchfädeln aus dem Knotenschieber hinaus geleitet. Die Abbildung 8 zeigt ein solches Ende des Knotenschiebers .

Dadurch, daß der Faden in den Knotenschieber eingefädelt wird, ist die Ligatur bzw. die Naht sehr gut dirigierbar und kann präzise positioniert werden.

Abbildung 9 zeigt die Funktionsweise des Knotenschiebers.

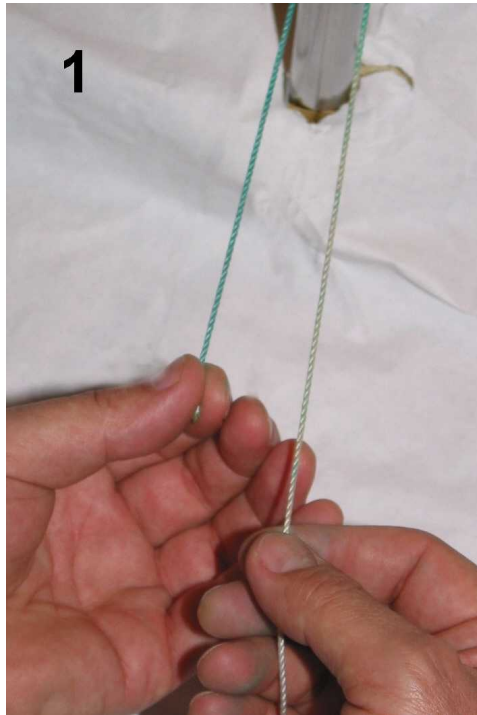
Abb.9



Knotentechnik

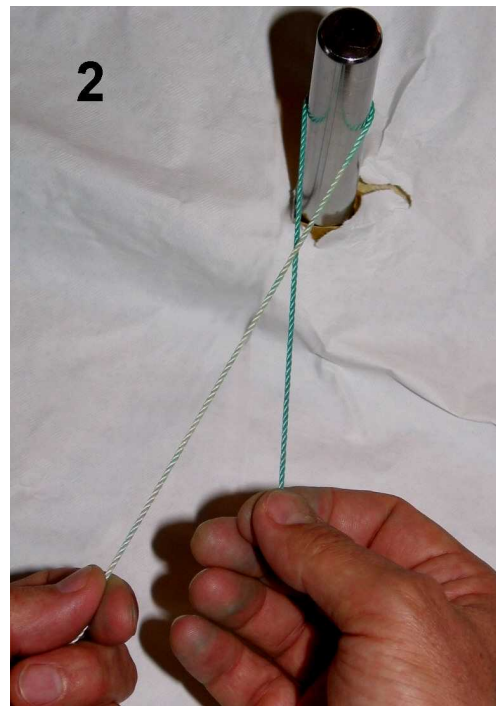
Das rechte Fadenende ist in diesem Beispiel der zentrale Strang. Es wird in den nebenstehenden Abbildungen hell dargestellt.

Das andere, meist kürzere Ende wird zum Knoten benutzt. Es ist hierfür günstig, wenn

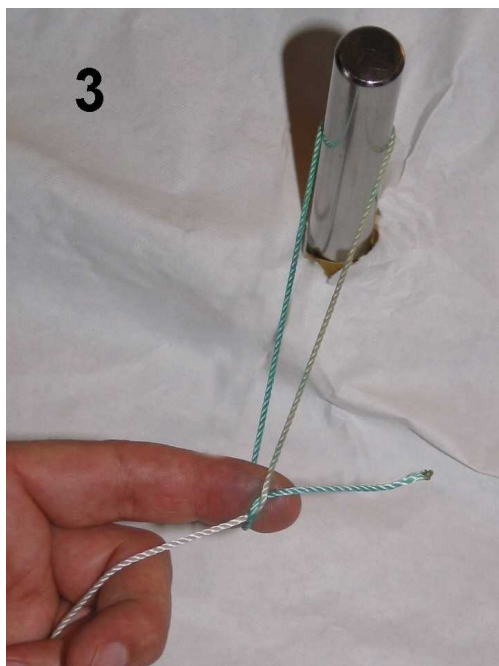


es nicht zu lang ist. Es wird in den folgenden Bildern dunkel dargestellt (Bild 1).

Die beiden Fadenenden werden nun parallel gehalten und der linke Faden zum korrekten Legen eines halben Schlages mit üblicher chirurgischer Knüpfttechnik unterkreuzt. (Bild 2)



Ist der halbe Schlag fertig geknüpft, so wird er zwischen Zeigefinger und Daumen der linken Hand festgehalten.



Dabei kommt der linke Zeigefinger von oben zwischen den beiden Fäden zu liegen (Bild 3). Der kurze Faden steht nun nach rechts ab. Es ist darauf zu achten, daß genügend Raum zwischen der Trokarhülse und dem Knoten ist.

Mit der rechten Hand wird über beide Fäden hinweg nach links überkreuzt und von unten mit dem Zeige- und Mittelfinger zwischen die Fäden gefaßt (Bild 4).

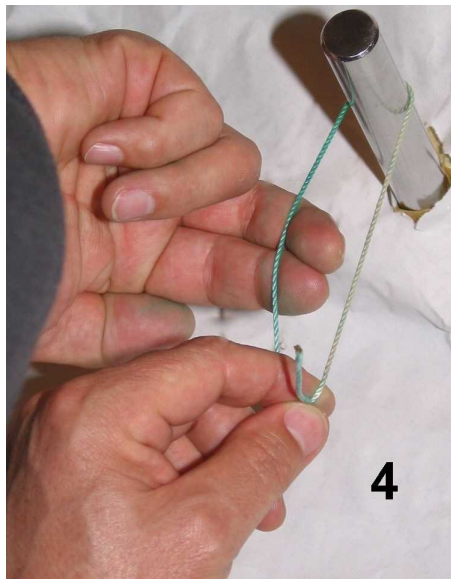
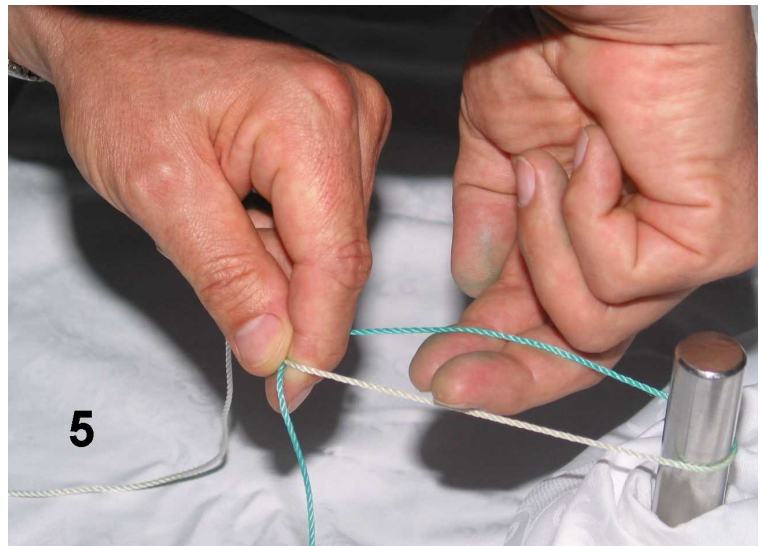
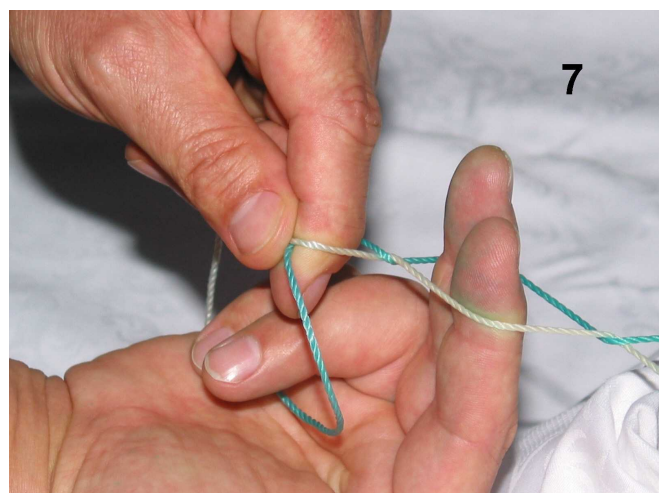
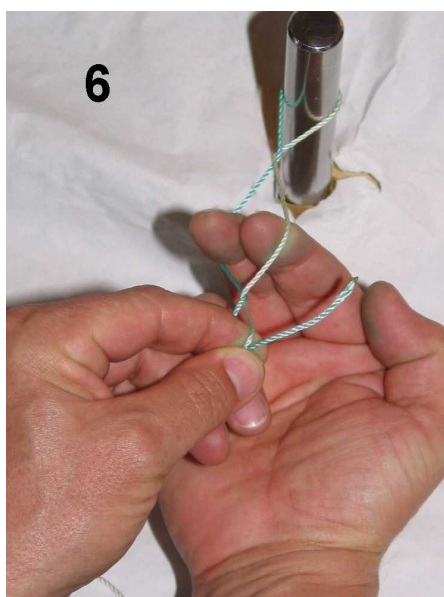


Bild 5 zeigt diesen Vorgang aus der seitlichen Perspektive.



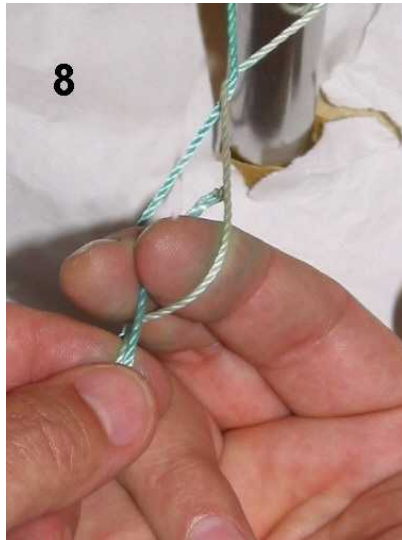
Die Plantarfläche der rechten Hand zeigt dabei nach links außen. Jetzt werden die beiden Finger zwischen den Fäden gestreckt (Bild 5). Der rechte Arm wird gesenkt, so daß die Fingerspitzen nach oben zeigen. Dabei kippt die Handfläche nach oben, wobei die Fäden in einer doppelten Acht um einander gedreht werden (Bild 6, 7)



Die beiden Finger der rechten Hand fassen nach dem kurzen Fadenende. Dieser Vorgang kann mit der linken Hand unterstützt werden, die den ersten Knoten und

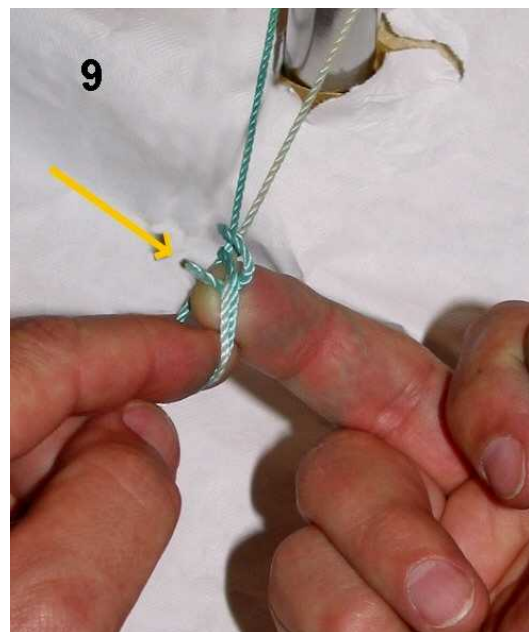
damit auch das kurze Fadenende hält. Das kurze Fadenende wird sozusagen von der linken Hand an die rechte übergeben (Bild 8).

Dieser Vorgang ist fühlbar, so daß er auch im abgedunkelten Raum sicher durchführbar ist.

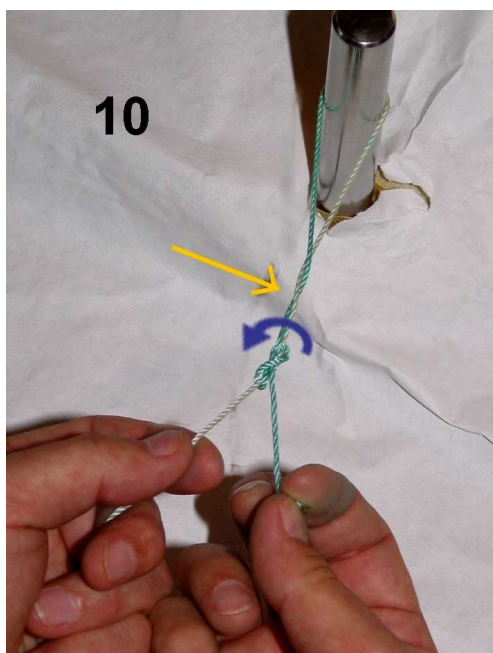


Das Fadenende wird nun mit Mittel- und Zeigefinger der rechten Hand festgehalten (Bild 8) und durch die doppelte Achterschlinge hindurch gezogen, indem sich die rechte Hand aus der Schlinge zurückzieht.

Das kurze Fadenende wird zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten Hand gehalten und von unten her durch die vordere Schlinge der Doppelacht gesteckt (Bild 9).



Dabei dient der Zeigefinger der linken Hand, der sich ebenfalls noch in dieser Schlinge befindet, als fühlbare Leitstruktur. Er kann zusammen mit dem von unten kommenden Fadenende aus der Schlinge genommen werden (siehe Pfeil Bild 9). Auch dieser Vorgang ist, da er



fühlbar ist, in einem abgedunkelten Raum sicher durchführbar.

Das kurze Fadenende befindet sich jetzt zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand. Der axiale Strang und der kurze Faden sind zu diesem Zeitpunkt noch umeinander verdreht (gelber Pfeil Bild 10).

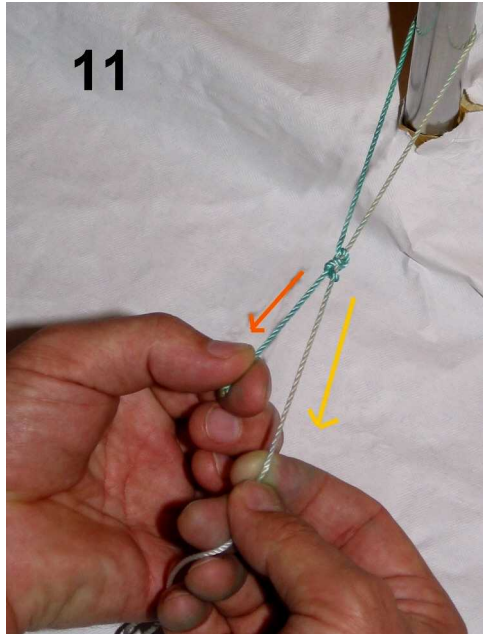
Durch eine Rotation des gesamten Knotens einmal nach links um die Längsachse wird diese Torsion behoben. Dafür muß der kurze Faden

lediglich einmal von unten mit der rechten Hand gefaßt und von oben mit der linken Hand wieder übernommen werden.

Auch dieser Vorgang ist in einem abgedunkelten Raum sicher durchführbar.

Der jetzt fertige Knoten wird nun am kurzen Fadenende gezogen womit die gewünschte Haltekraft und Gleitfähigkeit dosiert werden kann. Dabei ist streng darauf zu achten, daß der axiale Faden stramm gehalten wird (rechter Pfeil Bild 11) und der kurze Faden nur in der Längsachse **auf sich zu gezogen** wird (linker Pfeil Bild 11).

Anderenfalls verriegelt der Knoten und läßt sich nicht mehr hinunter schieben!



Es kann jetzt die Gleitfähigkeit durch Verschieben des Knotens mit der Hand geprüft werden und durch vermehrtes Anziehen des kurzen Fadenendes die Reibung und damit die Haltekraft erhöht werden.

Zuletzt wird der kurze Faden mit einer Schere soweit gekürzt, wie er später belassen werden soll. Jetzt kann der Knoten mit dem Knotenschieber hinunter geschoben werden.

Zusammenfassung

Mit dem neuen extrakorporal zu knüpfenden Knoten und dem Knotenschieber steht ein universelles System zur Vereinigung und Unterbindung auch unter hoher Spannung stehender Gewebe für die minimalinvasive Chirurgie zur Verfügung.

Es können jegliche, gebräuchliche Fadenmaterialien verwendet werden. Der Knotenschieber ist ohne mechanische Teile nahezu verschleißfrei. Diese beiden Tatsachen machen das System zusätzlich noch sehr kostengünstig .

Der Vergleich mit den etablierten Knoten, die auch industriell in vorgefertigten Schlingen etc. verwendet werden, zeigt, daß der neue Knoten durch seine besondere Architektur bei geringerer Knotenmasse und weniger komplexem Aufbau ebenso sicher und zuverlässig ist, und Meßdaten aufweist, die zeigen, dass er mit einer hohen Sicherheit auch große Arterien unterbinden kann. (8)

Literatur:

- (1) Dorsey J.H. et al. (1995) Laparoscopic knot strength: A comparison with conventional knots Obstet. Gynecol. 86 : 536 – 40
- (2) Kadikamanathan S.S, et al. (1996) A comparison of the strength of knots tied by hand and at laparoscopy
Journal of the American College of Surgeons 182 : 46-54
- (3) Weston, P.V., (1991 Jul) A new clinch knot. Obstet Gynecol 78 (1) : 144 – 7
- (4) Dinsmore R.C, (1995) Understanding surgical knot security: A proposal to standardize the literature.
Journal of the American College of Surgeons 180 : 689-696
- (5) Trimbos J.B. et al. (1989) Faktors relating to the volume of surgical knots.
Int J Gynaecol Obstet 30(4) : 355 – 9
- (6) Israelsson L.A., Jonsson T., (1994) Physical properties of self locking and conventional surgical knots Eur J Surg 160 : 323 - 7
- (7) Sharp H.T. ; Dorsey J.H. et al. (1996) The Effect of Knot Geometry on the Strength of Laparoscopic Slip Knots
Obstetrics & Gynecology 88 (3) : 408 - 411
- (8) Nathanson L.K., Nathanson P.D., Cuschieri A, (1991) Safety of vessel ligation in laparoscopic surgery.
Endoscopy Jul;23(4):206-9

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ingo von Leffern
Allgemeines Krankenhaus Wandsbek
Alphonsstr. 14
22043 Hamburg
email: vonLeffern@web.de