

ENDOSTAB: Ein endoskopisch einsetzbarer Stabilisator für die minimal invasive Herzchirurgie

B. Vogel, H. Fischer, M. Kaiser, M. Vallendor, IMB; V. Falk, Herzzentrum Leipzig

Einleitung

Lange Zeit verlangte der Zugang zum Herzen für eine Bypass-Operation die Durchtrennung des Brustbeines (sog. Mediane Sternotomie). Ermutigt durch die Erfolge der minimal invasiven Chirurgie in anderen chirurgischen Teilgebieten hat sich auch in der Herzchirurgie eine rasante Entwicklung vollzogen.

Mit der Entwicklung computerunterstützter Telemanipulationssysteme ist nun die total endoskopische Bypassoperation in den Bereich des Möglichen gerückt. Der Chirurg steuert dabei den Eingriff von einer Masterkonsole aus. Die Bewegungen werden elektronisch auf drei sog. Manipulatoren (auch Slaveeinheiten genannt) übertragen, wobei der zentrale Arm die Endoskopkamera führt und der rechte und linke Arm die auswechselbaren Instrumente. An der Spitze verfügen die Instrumente über ein miniaturisiertes Handgelenk, welches mit bis zu sechs Freiheitsgraden plus Effektoraktork (greifen, schneiden, etc.) ausgestattet ist.

Studien haben gezeigt, dass mit diesen Systemen wichtige, für die Bypassoperation notwendige, Arbeitsschritte schnell und zuverlässig durchgeführt werden können und dass insbesondere Koronaranastomosen mit einer hohen Präzision genäht werden können [1,2,3].

Bisher konnte diese Operation jedoch nur am stillgelegten Herzen mit der Hilfe einer über die Leistengefäße angeschlossenen Herz-Lungen-Maschine (HLM), durchgeführt werden (Abb.1). Es

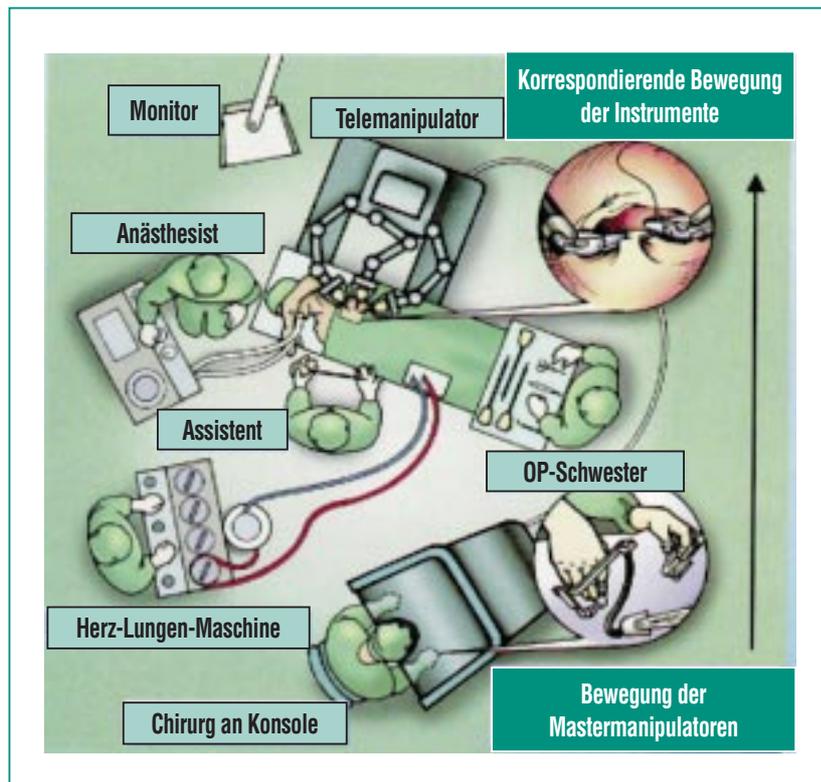


Abb.1: Aufbau eines computerunterstützten Telemanipulators [Medizin im Bild 1/1999].

hat sich jedoch gezeigt, dass die HLM zu einer erheblichen Entzündungsreaktion führen kann, und dass insbesondere bei Patienten mit schlechter Herzfunktion der künstlich herbeigeführte Herzstillstand nachteilig ist.

Um Bypass-Operationen auch ohne HLM am schlagenden Herzen durchführen zu können, wurden sogenannte Stabilisatoren entwickelt, die zu einer regionalen Ruhestellung des Herzens führen. Eine solche Immobilisation des Gefäßverlaufes kann entweder durch einen sogenannten Druckstabilisator oder mit Hilfe eines Saugstabilisators erzielt werden.

Um nun mit einem total endoskopischen Manipulationssystem am schlagenden Herzen operieren

zu können, muss auch der Stabilisator endoskopisch einsetzbar sein. Entsprechende Entwicklungsarbeiten wurden in Zusammenarbeit mit dem Herzzentrum Leipzig durchgeführt. Ergebnis ist der ENDOSTAB. Seine konstruktive Gestaltung und mechanische Auslegung wird im Folgenden erläutert.

Konstruktive Gestaltung des ENDOSTAB

Bisherige Stabilisatoren sind starr und deshalb nur für den „offenen“ Eingriff im Zusammenhang mit einem Retractor (Spreizer) einsetzbar. Der neue Stabilisator ENDOSTAB ist eine flexible, superelastische Einheit aus Nickel-Titan (NiTi). Sie wird endoskopisch,



Abb. 2: ENDOSTAB im eingefahrenen und ausgefahrenen Zustand.

d. h. durch ein Rohr von 10 mm Durchmesser (Trokar) eingeführt (Abb. 2).

Das Instrument besteht aus zwei NiTi Drähten mit einem Durchmesser von 1,8 mm. Diese Drähte wurden mit einem Titanschaft verschweißt, welcher in einem Hüllrohr gleitet. An den Enden der Drähte sind kleine „Titanfüßchen“ angeschweißt, welche während der Operation in direktem Kontakt mit dem Herzen sind. Die Unterseite der Füßchen wurde so aufgeraut, dass sie sich in das Fettgewebe einkrallen können und damit die Ruhestellung des umgebenden Herzbereiches ermöglichen.

In das Instrument wurde ein Spülschlauch integriert, welcher mit dem Manipulationssystem in Position gebracht wird. Damit ist es möglich, während der Operation die Sicht auf den zu anastomosierenden Gefäßabschnitt freizuspülen (Abb. 3).

Durch eine entsprechende Formgebung der NiTi Drähte und einen gezielten Materialabtrag (chemische Nachbehandlung) an den gekrümmten Bereichen wurde ein gelenkartiges Verhalten erzeugt. Im ausgefahrenem Zustand ist der Stabilisator jedoch immer noch steif genug, um den gewünschten Gefäßabschnitt zu immobilisieren.

Mechanische Auslegung des ENDOSTAB

Von besonderer Bedeutung ist das sogenannte „superelastische“ oder „pseudoelastische“ Verhalten der verwendeten NiTi Drähte. Bei Verformung der Drähte, d.h. bei Zunahme der Dehnung ϵ , steigt die mechanische Spannung σ zuerst linear an, erreicht dann aber ein Plateau (pseudoelastisches Plateau). In diesem Bereich können ohne nennenswerte Zunahme der Spannung Dehnungswerte bis zu ca. 8% erreicht werden. Bei Rückverformung der Drähte fällt die Spannung mit fast derselben Kennlinie, auf einem etwas geringeren Niveau, wieder ab (Abb.4). Der Hysterese-Effekt, d.h. die kleine Absenkung des Plateaus bei der Rückverformung, ist bei dieser Anwendung ohne große Bedeutung.

Dieses superelastische Verhalten basiert auf einem besonderen metallurgischen Effekt. Im Bereich des Plateaus geht bei zunehmenden Dehnungen das austenitische Gefüge mehr und mehr



Abb. 3: Integrierter Spülschlauch.

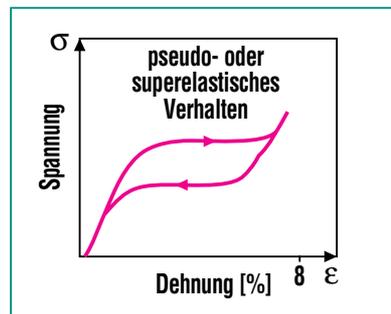


Abb. 4: Spannungs-Dehnungsverhalten von NiTi.

in ein martensitisches Gefüge (spannungsinduzierter Martensit) über. Bei Entlastung bildet sich das austenitische Gefüge wieder zurück, die Ausgangsform wird wieder erreicht [4].

Dieser Effekt tritt nur innerhalb eines bestimmten Temperaturfensters auf, innerhalb der sich der ENDOSTAB befindet.

Das beschriebene superelastische oder pseudoelastische Verhalten der Drähte hat zur Folge, dass bei verschiedenen Einsatzwinkeln des Instruments mit verschieden großen Verformungen der Drähte die auf das Herz ausgeübten Kräfte nur wenig variieren. Der ENDOSTAB konnte deswegen so ausgelegt werden, dass für einen weiten Einsatzbereich genau die Kräfte entstehen, die zur Ruhigstellung des Herzens notwendig sind. Durch Variation der Drahtstärke kann zusätzlich die Kraft variiert werden.

Für eine total endoskopisch durchgeführte Koronaranastomose ist es darüber hinaus wesentlich, dass die Instrumente durch einen Trokar von maximal 12 mm Durchmesser in den Körper gebracht werden können. Auch hier ermöglicht das superelastische Verhalten, dass die vorgeformten „Füßchen“ komplett unter einem bestimmten Winkel aus der Führungshülse ausgefahren werden können, um im endgültigen Zustand etwa 2 cm² des Herzmuskels zwischen sich zu immobilisieren. Der Bewegungsablauf der „Füßchen“ ist in Abbildung 5 dargestellt, wobei ein externer Haltearm das Instrument in Position hält.

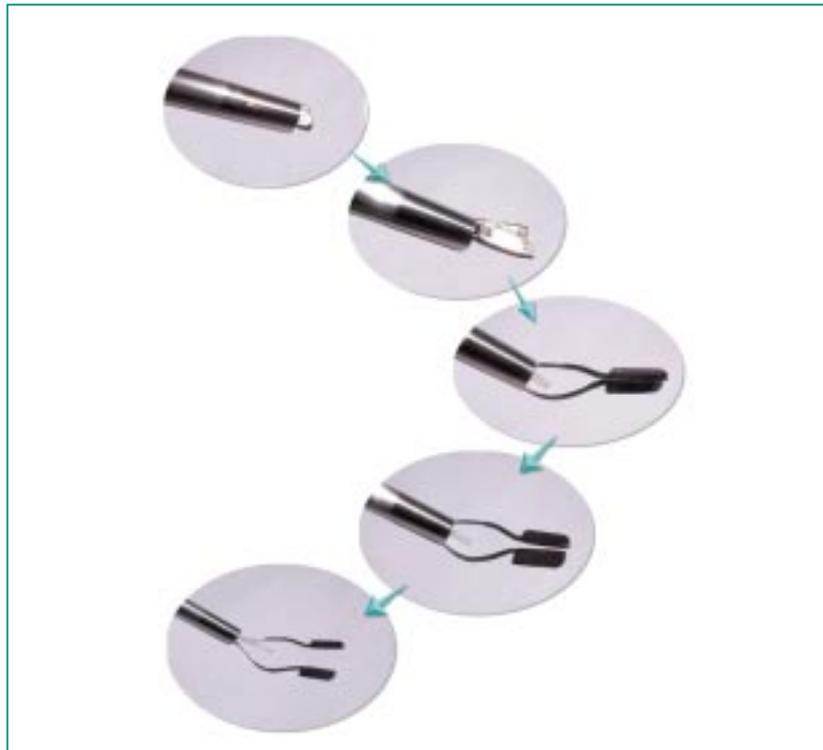


Abb. 5: Bewegungsablauf beim Ausfahren der „Füßchen“.

Praktische Erprobung

Im Herzzentrum Leipzig wurde der endoskopische Stabilisator „ENDOSTAB“ erfolgreich im Tierversuch eingesetzt (Abb.6). Mit diesem Stabilisator konnte das

Herz erfolgreich ruhig gestellt werden, sodass eine endoskopische Bypassoperation mittels computerunterstützter Telemanipulation am schlagenden Herzen möglich war [5].

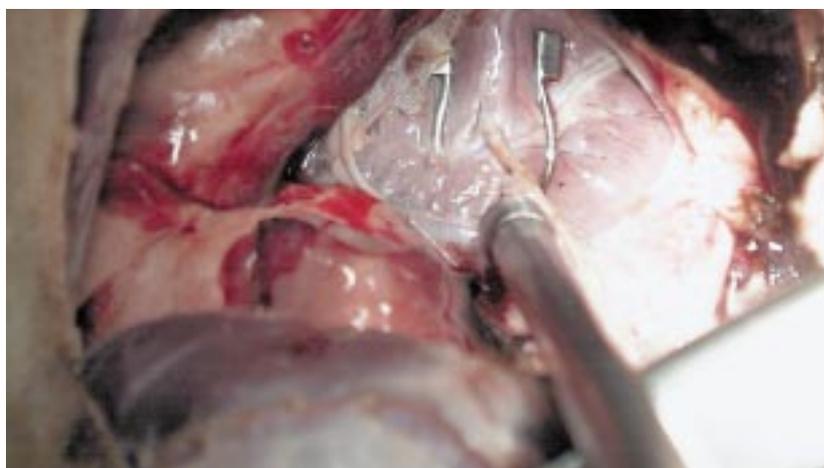


Abb. 6: Erfolgreiche Koronaranastomose unter Verwendung von ENDOSTAB.

Literatur

- [1] Stephenson ER, Sankholkar S, Ducko CT, Damiano RJ. Ann Thorac Surg 66:1064-7, 1998.
- [2] Ducko CT, Stephenson ER, Sachin S, Damiano RJ. Heart Surgery Forum #1999-6462; 2(1):29-37, 1999
- [3] Falk V, Gummert JF, Walther T, Hayase M, Berry GJ, Mohr FW. Eur J Cardiothorac Surg 15:260-6, 1999.
- [4] Stöckel D, Hornbogen E, Ritter F, Tautzenberger P. Expert Verlag, 1988
- [5] Falk V, Diegeler A, Walther T, Löscher N, Vogel B, Ulmann C, Rauch T, Mohr. Heart Surgery Forum #1999-85922; (vol 2/issue 3), 1999