

Operation nach Nuss – minimalinvasives Verfahren zur Korrektur der Trichterbrust

Avraam Mastorakis, Alessandro Petrella

Um eine Trichterbrust (Pectus Excavatum) zu behandeln, gibt es mehrere OP-Verfahren. Wir stellen Ihnen das vermutlich schonendste vor: die minimalinvasive Methode nach Nuss, die auch bei jüngeren Kindern angewendet werden kann.

Die Trichterbrust ist mit 87 % der Brustwanddeformitäten und einer Prävalenz von 1:1000 Kindern [1] eine häufig zu sehende Pathologie in der Pädiatrie und Kinderchirurgie. Jungen sind in der Regel häufiger betroffen als Mädchen. Als ursächlich für die Trichterbrust wird ein anomales Wachstum des Rippenknorpels diskutiert, das zu einer Einsenkung des Sternums führt [2]. Zudem wird eine Assoziation mit genetischen Syndromen wie dem Marfan- oder dem Noonan-Syndrom angenommen [3]. Häufig leiden die Patienten psychisch aufgrund der äußerlich sichtbaren Deformität. Neben dem psychologischen Aspekt der Trichterbrust kann die Einengung thorakaler Organe bei Patienten auch zu pulmonalen und kardialen Einschränkungen führen.

Bei der Trichterbrust handelt es sich in erster Linie um eine Blickdiagnose. Mittels Computertomografie können das Ausmaß der Deformität erfasst und thorakale Organverhältnisse zur Operationsplanung dargestellt werden. Zur Objektivierung funktioneller Beeinträchtigungen von Herz und Lunge sind in der Diagnostik die Spirometrie und Echokardiografie üblich.

Die früher als Goldstandard etablierten offenen Verfahren zur Korrektur der Trichterbrust werden zunehmend – aufgrund der hohen Akzeptanz der Patienten – durch die minimalinvasive Methode nach Nuss ersetzt [4]. Durch die vergleichsweise geringe Schwere des Eingriffs erfolgt eine Korrektur auch bei jüngeren Kindern entgegen der in der Vergangenheit verbreiteten Empfehlung, bis zum Abschluss des Wachstums zu warten.

Präoperatives Management

Die Trichterbrustoperation nach Nuss wird in regulärer Allgemeinanästhesie mit Intubationsnarkose durchgeführt. Von anästhesiologischer Seite sind keine speziellen Maßnahmen erforderlich. Präoperativ erhalten die Patienten

vor dem Schnitt eine Single-Shot-Antibiotikaprophylaxe mit Cefuroxim.

Lagerung

Der Patient wird in Rückenlage positioniert, die Arme zur Seite ausgelagert. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Axilla nicht überstreckt wird, um die Gefahr einer Plexus-Schädigung zu vermindern (► **Abb. 1a**). Anschließend wird die Elektrode für die bipolare Antikoagulation auf den Oberschenkel geklebt. Wir verwenden keine monopolaren Geräte, da es zu Stromflüssen zwischen der metallenen Stange und der Antikoagulationspinzette kommen kann.

Desinfektion

Kranial wird der Desinfektionsbereich durch das Jugulum einschließlich Claviculae begrenzt, kaudal durch den Nabel (► **Abb. 1a**). Die lateralen Grenzen bildet jeweils die hintere Axillarlinie. Als Antiseptikum verwenden wir jodfreie gefärbte Desinfektionsmittel wie Frecaderm. Je nach Präferenz der Klinik können auch jodhaltige Anwendungen zum Einsatz kommen, jedoch verzichten wir darauf, da bei kleinen Kindern Allergien häufig noch nicht bekannt sind. Die Desinfektion erfolgt 3-mal mit einer Einwirkzeit von jeweils 3 Minuten.

Abdeckung

Die Abdeckung erfolgt entsprechend der Desinfektion mit Abdecktüchern. Kranial sind Jugulum und Claviculae noch zu sehen, kaudal wird bis supraumbilical abgedeckt. Lateral erfolgt die Abdeckung so, dass die mittlere Axillarlinie noch zu sehen, die hintere jedoch bedeckt ist (► **Abb. 1b**). Anschließend wird die Antikoagulation an das HF-Gerät angeschlossen sowie das Thorakoskop (5 mm, 30°) mit Kamera und Endlicht verbunden. Vor Beginn der Operation sollte zusätzlich darauf geachtet werden, dass auch die Insufflation als wichtiges Element der Thorakoskopie bereitgestellt ist.

INSTRUMENTARISCHE TERMINOLOGIE FÜR DIE TRICHTERBRUSTOPERATION NACH NUSS

Introducer: Mit diesem speziellen Instrument wird zunächst der intrathorakale Weg der später implantierten Stange gebahnt. Anschließend wird die Stange mithilfe des Introducers in den Thorax eingeführt.

Ale: Spezielles endoskopisches Nahtinstrument, das der transthorakalen Fixierung der Haltespangen dient.

Biegezange: Zange, um die implantierte Stange an die Maße des Patienten anzupassen.

Bar: Bezeichnung für die implantierte Stange.

Floppy: Drehinstrument, das die zur Implantation umgedrehte Stange in die finale Position bringt.

OP-Ablauf

Vorbereitung der Stange

Zunächst muss das Ausmaß der Trichter-Deformität ermittelt und dadurch die Stange (Bar) individuell angepasst werden. Das genaue Abmessen und Anpassen der Stange ist sehr wichtig, da hiervon maßgeblich das spätere kosmetische Ergebnis abhängt.

Als erstes wird der tiefste Punkt der Trichterbrust lokalisiert. Anhand diesem bestimmen wir, auf welcher Höhe die Stange später sein soll. Welche Form die Stange später haben wird, legen wir zum einen durch die Breite des Trichters und zum anderen durch dessen Morphologie (symmetrisch/asymmetrisch) fest.

In Folge sind noch die Entry- und Exitpunkte des Bars zu ermitteln: Um ein symmetrisches Ergebnis zu erhalten, sollte hierbei die Stange am rechten lateralen Rand des Trichters ein- und am linken lateralen Rand austreten. Die ermittelten Entry- und Exitpunkte sowie der tiefste Punkt werden markiert (► **Abb. 1c**). An den Entry- und Exit-Punkten werden später die Schnitte durchgeführt.

Nachfolgend passen wir eine Schablone an die individuellen Maße des Patienten an – maßgebend sind hierfür vor allem die Form des Trichters und die Größe des Patienten. Die Länge der Schablone sollte jeweils bis zur mittleren

A GRUNDTISCH



(Quelle: Dr. Avraam Mastorakis)

Von oben nach unten links:

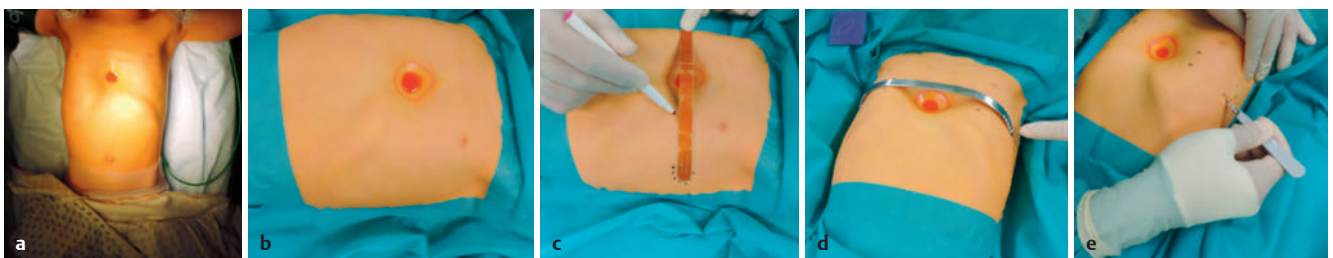
- Optik (5 mm, 30°)
- Endoschere
- Tuchklemme (Ball & Socket)
- Kompressen (10 Stück für die OP, 10 Stück zur Reinigung)
- Insufflationsschlauch (blau)
- Lichtkabel (grau)

Von oben nach unten mittig:

- Floppy
- Biegezange
- Introducer
- Stift und Lineal
- Schablone

Von oben nach unten rechts:

- 4 Langenbeck-Wundhaken klein
- Schälchen mit 0,9% NaCl
- 2 Arterienklemmen nach Kocher
- Einmaltrokar
- 2 Präparierscheren, gerade
- 2 chirurgische Pinzetten
- 15er Skalpell
- 11er Skalpell



► **Abb. 1** OP-Fotos. (Quelle: Dr. Avraam Mastorakis)

B BEISTELLTISCH



(Quelle: Dr. Avraam Mastorakis)

Von links nach rechts:

- Sets mit Schablonen und Stangen verschiedener Größen
- Schere
- Pflaster
- 2 Nadelhalter
- 4 Fäden (2x Vicryl, 2x Prolene)
- Introducer (Ersatz)
- Ale
- Bauchtücher
- Abdeckung der Lampe
- Einmalkittel
- Einmalhandschuhe

Axillarlinie reichen. Anhand der Schablone wird dann die tatsächlich zu implantierende Stange mit einer Biegezan-ge an die Anatomie des Patienten angeglichen (► **Abb. 1d**).

— Cave

Die Länge der Schablonen und der implantierten Stangen wird in Inch angegeben. Da wir zunächst die Maße auf der Körperoberfläche ermitteln, die Stange jedoch intrakorporal verläuft, besteht eine Differenz, die es zu korrigieren gilt. Hierfür ziehen wir von der – anhand der Schablone – ermittelten Größe 1 Inch ab.

Der intrakorporale Verlauf der Stange ist anatomisch und funktionell unterschiedlich und wird in einen subcutanen und einen intrathorakalen Verlauf unterschieden:

- **Subcutaner Verlauf:** Je zwischen Entry- und Exitpunkt und Haut – dient der Befestigung der Stange.
- **Intrathorakaler Verlauf:** Zwischen dem Entry- und Exitpunkt, substernal – dient der Korrektur der Deformität.

Thorakoskopie und Einbringen der Stange

An den markierten Stellen erfolgen 2 Schnitte mit einer Länge von ungefähr 1,5 cm (15er Skalpell, ► **Abb. 1e**). In der Subcutis werden diese weiter bis zum Entry- und Exitpunkt tunneliert (lange Präparierschere, ► **Abb. 1f**) – das entspricht dem subcutanen Verlauf der Stange. Zwei Interkostalräume kranial der rechten Inzision wird der 5 mm Trokar mittels 11er Stichskalpell platziert (► **Abb. 1g**).

— Cave

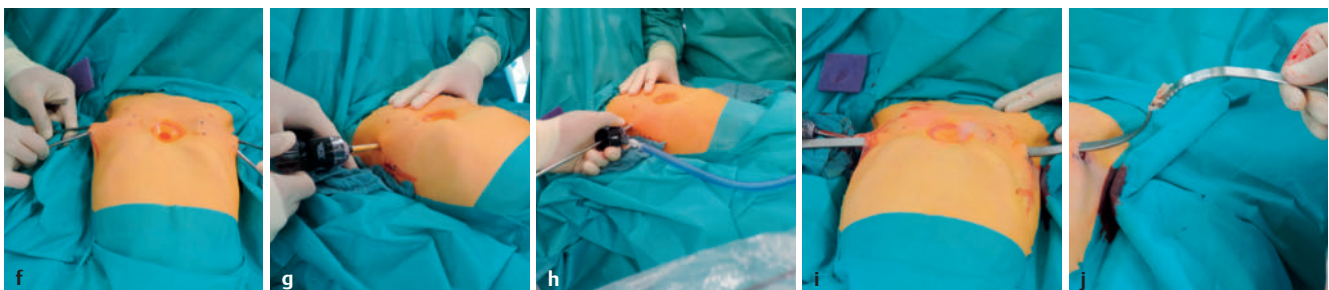
Es ist auch möglich, den Trokar für das Thorakoskop von kaudal zu platzieren, hierbei besteht jedoch die Gefahr, dass die Leber verletzt wird.

Im Anschluss insufflieren wir 10 mmHg CO₂ in den Thorax für die Anlage eines künstlichen Pneumothorax – da mit einem Überdruck beatmet wird, bleiben die Lungen weiterhin entfaltet und werden nicht komprimiert. Nach der Insufflation führen wir das Thorakoskop in den Thorax ein (► **Abb. 1h**) und beginnen mit der Exploration und Inspektion des rechten Hemithorax. Hierbei ist es wichtig, den tiefsten Punkt des Trichters von intrathorakal festzulegen.

— Cave

Wenn wir die Stange in späteren Schritten in den Thorax einbringen, darf diese aufgrund der Gefahr der Dislokation durch Atembewegungen nicht direkt am Xiphoid angebracht werden – auch wenn sich hier der tiefste Punkt des Thorax befindet.

Nachdem thorakoskopisch die intrathorakalen Gegebenheiten abgeklärt wurden, kann der Introducer in den Thorax eingebracht werden. Der Introducer wird unter thorakoskopischer Sicht erst bis an den Entrypunkt und von dort aus weiter tief in den Brustkorb eingeführt. Wenn wir am



► **Abb. 1** Fortsetzung OP-Fotos. (Quelle: Dr. Avraam Mastorakis)

Perikard angekommen sind, präparieren wir stumpf mit dem Introducer das Perikard vom Retrosternum ab. Hiermit wird eine Verbindung zwischen linkem und rechtem Hemithorax hergestellt.

Im linken Hemithorax angekommen tasten wir vorsichtig den Exitpunkt von intrathorakal ab. Gleichzeitig kann mit einem Finger durch die transkutane Inzision der Punkt, an dem der Introducer die Thoraxwand von innen berührt, ertastet und die Stelle mit dem Introducer stumpf tunneliert werden (► **Abb. 1i**). Jetzt ist der komplette Weg der Stange gebahnt und sie muss nur noch eingebracht werden.

Hierfür wird die Stange mit einem Teflon-Faden links am Introducer befestigt (► **Abb. 1j**). Durch anschließenden Zug von rechts am Introducer wird die Stange von links nach rechts in den Thorax eingebracht (► **Abb. 1k**). Somit wird durch das Zurückziehen des Introducers das Einbringen der Stange auf gebahntem Weg ermöglicht. Bei diesem Vorgang ist darauf zu achten, dass die Stange zum Schutz der thorakalen Organe die ganze Zeit über die U-Form (entgegengesetzt zur späteren Lage) behält.

Die eben genannten Schritte erfolgen selbstverständlich nicht blind, sondern unter ständiger thorakoskopischer Kontrolle. Ist die Stange an ihrer gewünschten Position, kann diese vom Introducer gelöst werden. Vor dem Drehen der Stange in die finale Position muss nochmals sichergestellt werden, dass diese sich am tiefsten Punkt der Deformität befindet. Anschließend wird die Stange mit einem Drehinstrument (Floppy) umgedreht, wodurch es letztendlich zur Ausbeulung des Trichters kommt (► **Abb. 1l**). Bevor die Stange in der Position fixiert wird, kontrollieren wir nochmals den Sitz und das kosmetische Ergebnis.

Fixierung

Um die Fixierung unter Sicht auf der linken Seite zu ermöglichen, muss zunächst der einzusehende Bereich in den linken Hemithorax vergrößert werden. Dazu wird mittels Endoschere ein größeres Fenster zwischen Perikard und Retrosternum präpariert und dadurch der Blick auf die linke Seite erweitert. Dadurch können das Thorakoskop und weitere Instrumente in späteren Schritten über den rechten in den linken Hemithorax eingebracht und

ein zusätzlicher Schnitt für die dortige Thorakoskopie vermieden werden.

Wir beginnen mit der Fixierung auf der rechten Seite. Unter Sicht wird der Faden (Ethylon 2–0) zur Befestigung der Haltespangen von extrathorakal nach intrathorakal gebracht. Die Fixierung der Spangen geschieht transthorakal an dem Punkt, wo Stange und Rippe miteinander kreuzen (► **Abb. 1m**). Hierfür ist ein spezielles endoskopisches Nahinstrument notwendig, der Ale (► **Abb. 1n**).

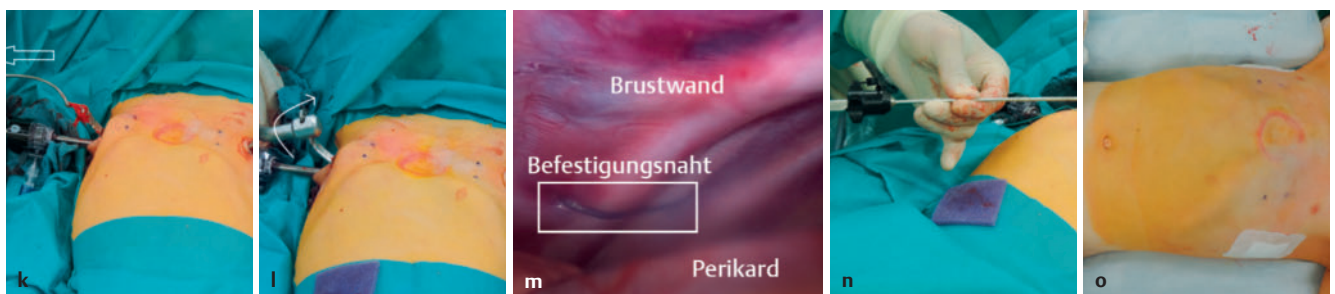
Beenden der Operation

Zuletzt wird nochmals das Ergebnis überprüft und eventuelle Blutungen werden kontrolliert. Im Anschluss kann das Thorakoskop entfernt werden. Dabei wird der Anästhesist aufgefordert, mit 4 cmH₂O Überdruck zu beatmen, damit sich die Lunge wieder vollständig entfalten und das CO₂ zur Anlage des künstlichen Pneumothorax entweichen kann. Dadurch ist die Anlage einer Büllau-Drainage nicht notwendig, wodurch wiederum postoperative Schmerzen und Komplikationen vermindert werden können.

Die lateralen Schnitte werden mit einer Naht versorgt. Für die subcutanen Nähte benutzen wir 4–0 Vicryl. Für ein besseres kosmetisches Ergebnis wird die Hautnaht als fortlaufende Intrakutannaht mit 4–0 Prolene durchgeführt. Nachdem der Patient gesäubert und auf beiden Seiten mit einem Pflaster versorgt wurde, ist der Transport auf die Intensivstation möglich (► **Abb. 1o**).

Komplikationen und deren Vermeidung

Eine gravierende Komplikation wäre die Dislokation der Stange. Diese kann nicht konservativ behandelt werden, sondern erfordert eine Re-Operation mit Neupositionierung. Ursachen hierfür sind in der Regel technische Fehler bei der Anlage der Stange. Für einen stabilen Halt muss die Stange flach auf dem Sternum sitzen, daher sollte die Positionierung auch nicht am Xiphoid erfolgen. Zudem ist es wichtig, die Stange mithilfe einer speziellen Schiene zu fixieren – von Stabilisatoren machen wir keinen Gebrauch. Die ständige Kontrolle des kosmetischen und funktionellen Ergebnisses während der Operation ist deshalb von



► **Abb. 1** Fortsetzung OP-Fotos. (Quelle: Dr. Avraam Mastorakis)

besonderer Bedeutung. Sitzt die Stange in situ, so ist eine postoperative Dislokation sehr unwahrscheinlich.

Wie bei allen aseptischen Operationen besteht auch bei der Operation nach Nuss die Gefahr einer Infektion. Dieser beugen wir zum einen durch die minimalinvasive Arbeitsweise und zum anderen durch die Single-Shot-Antibiotikagabe vor. Da wir im Bereich der lebenswichtigen thorakalen Organe arbeiten, ist es sehr wichtig, diese vor akzidentieller Verletzung zu schützen. Daher ist das Arbeiten unter Sicht obligat und Präparationen sollten stets stumpf und mit Bedacht vorgenommen werden. Kommt es dennoch zur Verletzung des Herzens, so ist eine sofortige Sternotomie indiziert.

Prognose

Zur Überwachung bleiben die Patienten eine Nacht extubiert auf der Intensivstation. Eine adäquate analgetische Versorgung bietet die ersten 3–4 Tage postoperativ ein Periduralkatheter. Die Schmerzmedikation wird in Folge individuell nach Schmerzbedarf des Patienten oralisiert.

Anschließend verbringen die Patienten noch 5 Tage auf der Normalstation, wobei schrittweise die Analgesie reduziert wird. Am ersten Tag postoperativ erfolgt ein Röntgen-Thorax für die Lagekontrolle der Stange sowie zum Ausschluss eines Pneumothorax. Am selben Tag beginnt die Physiotherapie in Form von Atemgymnastik und Frühmobilisation. Für 4 Wochen nach der OP sollten die Patienten keinen Sport machen, anschließend ist ein allmählicher Belastungsaufbau möglich.

Nach 8 Wochen postoperativ kann Sport wieder ohne Einschränkungen betrieben werden. Die Implantation der Stange ermöglicht ein kosmetisches sowie funktionelles Ergebnis ohne zeitliche Latenz. Nach circa 18–24 Monaten wird die Stange in einer zweiten Operation wieder entfernt.

Autoren



Dr. med. Avraam Mastorakis

ist Direktor der Abteilung Kinder- und Jugendchirurgie am Schwarzwald-Baar-Klinikum Villingen-Schwenningen. Er hat sich auf die Trichterbrustoperation nach Nuss spezialisiert und diese bei Professor Donald Nuss, dem Entwickler der Methode, erlernt. E-Mail: avraam.mastorakis@sbk-vs.de



Alessandro Petrella

ist Mitarbeiter von Dr. Avraam Mastorakis und studiert Medizin an der Universität Tübingen. E-Mail: alessandro.petrella@student.uni-tuebingen.de

Literatur

- [1] Goretsky MJ, Kelly Jr. RE, Croutor D et al. Chest wall anomalies: Pectus excavatum and pectus carinatum. *Adolesc Med* 2004; 15: 455–471. doi: 10.1016/j.admecli.2004.06.002
- [2] Castellani C, Saxena AK, Höllwarth E. Die Nuss Methode zur Trichterbrustkorrektur. *Pädiatrie & Podologie* 2009; 44 (4): 16–20. doi: 10.1007/s00608-009-0149-6
- [3] Cobben JM, Oostra RJ, van Dijk FS. Pectus excavatum and carinatum. *European Journal of Medical Genetics* 2014; 57: 414–417. doi: 10.1016/j.ejmg.2014.04.017
- [4] Petersen C. Die Trichterbrust – Neue Aspekte seit Einführung einer minimal-invasiven Operationsmethode. *Orthopäde* 2003; 32: 916–919. doi: 10.1007/s00132-003-0545-8

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1297-1827>
 Im OP 2021; 11: 100–104
 © 2021. Thieme. All rights reserved.
 Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
 70469 Stuttgart, Germany
 ISSN 1611-7905