

Standortbestimmung und Entwicklung: NOTES – welcher Zugang?

Stefan von Delius^{a,c} Dirk Wilhelm^{b,c} Hubertus Feußner^{b,c} Alexander Meining^{a,c}

^a II. Medizinische Klinik und Poliklinik,

^b Chirurgische Klinik und Poliklinik,

^c Institut für minimal invasive Therapie und Intervention (MITI), Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, Deutschland

Schlüsselwörter

NOTES · Zugang · Transgastral · Transvesikal ·
Transvaginal · Transrektal

Zusammenfassung

Über einen transvaginalen oder transgastrischen Zugang wurden erste diagnostische und therapeutische NOTES-Eingriffe am Menschen bereits erfolgreich durchgeführt. Dennoch bleibt NOTES eine noch experimentelle Alternative zur konventionellen offenen und laparoskopischen Chirurgie. Ein idealer, universell anwendbarer Zugangsweg existiert nicht. Entscheidend dafür, welcher Weg gewählt wird, ist daher die jeweilige Indikation. Der transgastrale, der transvesikale, der transvaginale und der transrektale Zugang weisen jeweils spezifische Vor- und Nachteile auf. Nicht alle Ergebnisse aus dem Tiermodell lassen sich auf den Menschen übertragen, das muss bei der klinischen Anwendung berücksichtigt werden. Der klinische Einsatz von NOTES sollte zunächst ausschließlich innerhalb von Studien stattfinden. Langfristig wird eine enge Zusammenarbeit zwischen laparoskopisch tätigen Chirurgen, Gastroenterologen, Gynäkologen und eventuell Urologen notwendig sein, um diese vielversprechende Methode erfolgreich weiterzuentwickeln.

Einleitung

NOTES ist eine derzeit noch experimentelle Alternative zur konventionellen Abdominalchirurgie, bei der durch Kombination endoskopischer und chirurgischer Techniken auf Bauchwandinzisionen verzichtet werden kann. Obwohl dieses Prinzip nicht komplex anmutet, bestehen in der Realität zahlreiche Schwierigkeiten in der Durchführung. Weiterhin ist derzeit

Key Words

NOTES · Access · Transgastric · Transvesical ·
Transvaginal · Transrectal

Summary

*Current Status and Future Perspectives:
NOTES – Which Access?*

By now the first diagnostic and therapeutic NOTES interventions using the transvaginal or transgastric access have been performed successfully in humans. However, NOTES remains an experimental alternative to open conventional or laparoscopic surgery thus far. There is no universally applicable access for NOTES interventions, and the access used depends on the individual indication. Each access (transgastric, transvesical, transvaginal, and transrectal) has specific pros and cons. It must be kept in mind for clinical application that not all findings of animal models were applicable in humans. For the time being, the clinical use of NOTES should therefore be limited to controlled studies. In the long term a close cooperation between laparoscopic surgeons, gastroenterologists, gynecologists, and potentially also urologists will be necessary to effectually advance this promising approach.

noch nicht geklärt, welche natürliche Körperöffnung als idealer Zugangsweg bezeichnet werden kann. Faktoren wie Infektionsprophylaxe, technische Machbarkeit, Verschluss und Zielorgan des beabsichtigten Eingriffs haben hier einen unterschiedlichen und im Einzelfall gravierenden Einfluss. Nachfolgend soll daher eine kurze Standortbestimmung erfolgen zu den Vor- und Nachteilen der jeweiligen Zugänge sowie zu möglichen Weiterentwicklungen in der Bewältigung potentieller Nachteile.

Tab. 1. Vergleich verschiedener Zugangswege für NOTES

	Magen	Kolorektum	Vagina	Harnblase
Zugang zu	Harnblase, Uterus, Adnexe, Appendix	Leber, Gallenblase, Magen, Milz, Pankreas, Niere	wie Kolorektum	wie Kolorektum
Vorteile	nahezu steril	kurzer Weg zur Bauchhöhle, Einführen großer Instrumente möglich	etablierter Zugang und Verschluss, kurzer Weg zur Bauchhöhle	steril, kurzer Weg zur Bauchhöhle
Nachteile	langer Weg zur Bauchhöhle, begrenzter Durchmesser des Ösophagus	potentiell erhöhtes Infektionsrisiko	auf weibliche Patienten beschränkt, keine Langzeitergebnisse hinsichtlich Fertilität und Dyspareunie	Durchmesser der Urethra begrenzt

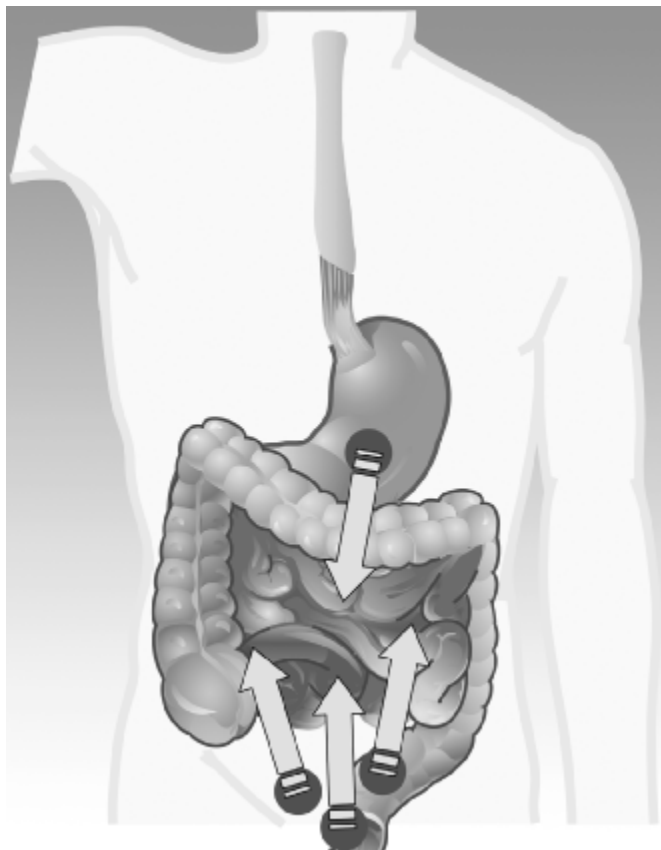


Abb. 1. Anatomische Darstellung der einzelnen potentiellen Zugangswege für NOTES.

Zugangswege zur Bauchhöhle

Der Zugang zur Bauchhöhle ist prinzipiell über den Magen, das Kolon, die Harnblase oder die Vagina möglich (Abb. 1). Zudem können verschiedene Zugangswege miteinander kombiniert werden. Jeder einzelne Zugangsweg beinhaltet spezifische Vor- und Nachteile, wie in Tabelle 1 aufgezeigt. Ein idealer und universell anwendbarer Zugang existiert nicht. Vielmehr bestimmen die Zielorgane und die Art des geplanten Eingriffs die Lokalisation der Viszerotomie.

Transgastrischer Zugang

Anatomische Voraussetzungen

Beim transgastrischen Zugang wird mit einem flexiblen Endoskop über den Mund- und Rachenraum in den Ösophagus und Magen vorgespiegelt. Nach Inzision der Magenwand kann anschließend das Endoskop in die Bauchhöhle vorgeschoben werden. Zielstrukturen im Unterbauch können so leicht erreicht werden. Für den transgastrischen Zugang wurden beim Schwein die prinzipielle Durchführbarkeit einer Peritoneoskopie [1, 2], einer Gastroenterostomie [3, 4], einer Tubenligatur [5], einer Adnektomie [6], einer partiellen Hysterektomie [7], einer Biopsie von Wächterlymphknoten des Kolons [8] und einer Sigmaresektion [9] bereits gezeigt. Probleme ergeben sich bei Eingriffen im Oberbauch. Wegen der nur begrenzt möglichen Abwinkelung flexibler Endoskope ist die Erreichbarkeit der meisten Oberbauchorgane erheblich eingeschränkt. Zum Beispiel kann die Gallenblase im Einzelfall nicht zuverlässig erreicht werden [10, 11]. Das Fehlen eines geeigneten Hypomochlions im Bauchraum erschwert die Kraftübertragung außerhalb der durch den Ösophagus vorgegebenen Endoskopachse erheblich. Schließlich muss erwähnt werden, dass die Bergung größerer Organe oder von Teilen von diesen über das begrenzte Lumen des Ösophagus nicht möglich ist [12].

Technik

Die am häufigsten angewandte Technik für den transgastrischen Zugang ist die lineare Inzision der Magenwand mit einem endoskopischen Nadelmesser oder einem herkömmlichen Sphinkterotom. Über eine Diaphanoskopie und Palpation im Epigastrium wird die Durchtrittsstelle im Bereich der vorderen Magenwand bestimmt. Um eventuelle Verletzungen intraperitoneal gelegener Organe bei der Inzision zu vermeiden [13], wurde ein Vorgehen wie bei der Anlage einer perkutanen endoskopischen Gastrostomie (PEG) vorgeschlagen [14, 15]. Nach Einlegen eines Drahts durch eine perkutan in den Magen eingestochene Kanüle, kann über diesen die Magenwand unter Führung inzidiert werden. Ein neuerer Ansatz für den transgastralen Zugang zur Bauchhöhle

ist die submuköse Tunnelierung. Hierzu wird in Analogie zur endoskopischen Submukosadissektion die Mukosa in einem proximalen Abschnitt des Magens unterspritzt und inzidiert. Anschließend wird das Endoskop durch diese Inzision in den submukösen Raum vorgeschoben. Das lockere submuköse Bindegewebe wird stumpf disseziert. Nach Anlage eines ausreichend langen submukösen Tunnels wird nun die Muscularis inzidiert, um Zugang zur Bauchhöhle zu erlangen. Nach Abschluss der intraperitonealen Prozedur wird das Endoskop zurückgezogen und die endoluminal gelegene Inzision z.B. mit Clips verschlossen [16, 17]. Nach Abschluss der Prozedur entsteht auf diese Weise ein Ventilmechanismus: Bei Anstieg des intraluminalen Drucks legt sich die Mukosa der Muscularis im Bereich des Tunnels. Dies ergibt eine Dichtigkeit des Verschlusses, die die einer chirurgischen Handnaht übersteigen kann, wie wir in einem Ex-vivo-Versuch zeigen konnten [18]. Andererseits ist die Methode der submukösen Tunnelierung mit einem erhöhten Zeitbedarf verbunden und ist technisch anspruchsvoll.

Infektionsrisiko

Beim Zugang zur Bauchhöhle über natürliche Körperöffnungen spielen Überlegungen zur Sicherheit eine überragende Rolle. Insbesondere bestehen Befürchtungen hinsichtlich eines potentiell vorhandenen Infektionsrisikos, zum einen durch Leckage bei ungenügendem Verschluss der Viszerotomie und zum anderen durch das Einschleppen von Keimen mit dem Endoskop in die Bauchhöhle. Beim transgastrischen Zugang stellt die Kontamination mit Keimen aus dem Mund-Rachen-Raum die größte Schwierigkeit dar. Um die Mitnahme von Keimen zu verhindern, wurde der Einsatz von sterilen Overtubes, durch die das Endoskop eingeführt wird, vorgeschlagen [19]. Die bakterielle Besiedelung des Magens ist bei einem pH von 1–2 zu vernachlässigen. Mit Ausnahme von *Helicobacter pylori*, von dem bislang keine septischen Komplikationen in der Bauchhöhle berichtet wurden, kann der Magen unter diesen Bedingungen als nahezu steril betrachtet werden [20]. Bei ansteigenden pH-Werten sind Besiedlungen mit *Candida* [21] und schließlich mit Enterobacteriaceae, Staphylokokken und *Pseudomonas* häufig [22]. Dies ist bei der Einnahme von Protonenpumpenhemmern oder dem Vorliegen einer Achlorhydrie bei atrophischer Gastritis zu berücksichtigen. Beim Schwein wurde der Einfluss einer vorausgehenden Lavage auf eine intraperitoneale bakterielle Kontamination untersucht. Durch ausgiebiges Spülen des Magens über das Endoskop lässt sich die bakterielle Kontamination der Bauchhöhle reduzieren, septische Komplikationen können im Tiermodell damit allerdings nicht vollständig verhindert werden [23]. Bislang ist unklar, ob diese Ergebnisse auf den Menschen übertragen werden können. In zwei Studien mit einer begrenzten Patientenzahl wurde die Notwendigkeit einer gastral Lavage in Frage gestellt [24, 25].

Verschlussmöglichkeiten

Eine chirurgische Handnaht einer Gastrotomie ist wegen des engen ösophagealen Lumens und der langen Wegstrecke nicht möglich. Bislang wurde eine Reihe unterschiedlicher Methoden zum Verschluss der Magenwandinzision beschrieben. Unter anderem wurden endoskopische Clips [1, 26–28], Schlingen [29], Nietverfahren [30], Gewebeancker [31, 32] und endoskopische Naht- [33–35], Stapling- [36] und andere Verschlussgerätschaften [37, 38] eingesetzt. Diese momentan verfügbaren Techniken sind zumeist mit einem erhöhten zeitlichen und materiellen Aufwand verbunden, nicht universell verfügbar und zum Teil nur begrenzt erfolgreich. In Ex-vivo-Vergleichen zu einer chirurgischen Handnaht lassen sich mit den erwähnten Verfahren aber zum Teil ähnlich hohe Verschlussdrücke erreichen [39].

Einsatz beim Menschen

Transgastrale endoskopische Nekrorektomien wurden von Seifert et al. [40] bereits Anfang der 1990er Jahre als Alternative zur konventionellen chirurgischen Sanierung bei schwerkranken Patienten mit Pankreatitis vorgestellt. Im Vergleich zum NOTES-Konzept muss jedoch erwähnt werden, dass solche transmuralen «Pionierv Verfahren» bei ausgeprägten entzündlichen Veränderungen mit entsprechenden Adhäsionen von Gewebeschichten durchgeführt wurden. Vor der Erstbeschreibung von NOTES im Jahr 2004 [1] galt der Blick in die freie Bauchhöhle immer noch als schwerwiegende Komplikation, welche meistens ein sofortiges chirurgisches Vorgehen implizierte. Für die Anwendung eines transgastrischen Zugangs für NOTES beim Menschen liegen neben mündlichen Berichten bislang nur Einzelpublikationen vor. Im Jahr 2007 wurde zuerst von Marks et al. [41] die Repositionierung einer dislozierten PEG-Sonde bei einem 70-jährigen Patienten beschrieben. In der Folge wurden noch drei kleinere Fallserien zu einer transgastrischen Peritoneoskopie mit oder ohne Leberbiopsie publiziert [25, 42, 43]. Es muss allerdings betont werden, dass die Gastrotomie jeweils nicht endoskopisch, sondern in einem angeschlossenen offenen oder laparoskopischen chirurgischen Verfahren versorgt wurde.

Transvesikaler Zugang

Anatomische Voraussetzungen

Beim transvesikalen Vorgehen erfolgt der Zugang zur Bauchhöhle über die Harnröhre und Harnblase. Vom kleinen Becken aus erhält man einen guten Zugang zu den Oberbauchorganen. Zum transvesikalen Vorgehen liegen bislang nur wenige tierexperimentelle Studien vor [44]. Noch um ein Vielfaches mehr als für den transgastrischen Weg gelten für den transvesikalen Zugang die Einschränkungen, die sich aus dem engen Lumen der Harnröhre ergeben. Dementsprechend hat der transvesikale Zugang insbesondere Perspektiven in Kom-

bination mit einem andernorts transluminal eingebrachten Endoskop [45, 46].

Technik

Lima et al. [47] beschreiben die Perforation der Blase im Bereich der Vorderwand unter zystoskopischer Kontrolle im Tierversuch. Anschließend kann nach drahtgeführter Dilatation ein starres Ureterskop oder eine Videooptik über einen 6,5-mm-Port in die Bauchhöhle eingebracht werden. Nach Abschluss der Peritoneoskopie genügt die Anlage eines Blasenkateters für 4 Tage, um eine Abheilung der Zystotomie zu ermöglichen.

Infektionsrisiko

Per definitionem ist der Harntrakt steril. Damit erübrigen sich Bedenken hinsichtlich einer bakteriellen Kontamination der Bauchhöhle bei entsprechend sorgfältigem Vorgehen. Diesbezüglich könnte der transvesikale Zugangsweg Vorteile bei Eingriffen mit hohem Infektionsrisiko, wie z.B. beim Einbringen von Fremdmaterial, bzw. Implantaten, bieten.

Verschlussmöglichkeiten

Traditionell werden Blasenperforationen offen chirurgisch oder laparoskopisch versorgt. Bei promptem Verschluss werden damit sehr gute Ergebnisse erzielt. Endoluminale endoskopische Verschlussmethoden mit T-Tags wurden bereits beschrieben [48]. Ein konservatives Vorgehen mit Urinableitung über einen Blasendauerkatheter, gegebenenfalls in Verbindung mit einer perkutanen Drainage des Peritoneum, wurden allerdings ebenfalls bei akzidentiellen Blasenperforationen erfolgreich angewandt [49]. Nach kontrollierter Perforation und Dilatation beim transvesikalen Zugang für NOTES könnte die Einlage eines Blasendauerkatheters für wenige Tage ausreichend sein [50]. Weiterführende Studien sind dringend notwendig.

Einsatz beim Menschen

Bislang existiert ein Fallbericht einer transvesikalen Peritoneoskopie bei einem 56-jährigen Mann [50]. Die Bauchspiegelung wurde während einer roboterassistierten laparoskopischen Prostatektomie mit einem flexiblen Ureterskop durchgeführt. Die Zystotomie wurde anschließend laparoskopisch übernäht.

Transvaginaler Zugang

Anatomische Voraussetzungen

Bei Frauen kann unter Ausnutzung der geschlechtsspezifischen Besonderheiten ein transvaginaler Zugang zu den Ober-, aber auch Unterbauchorganen erzielt werden. Von Vorteil ist die von Natur aus hohe Dehnfähigkeit der Vagina, was die Bergung auch größerer Präparate ermöglicht. Zudem muss eine nur kurze Wegstrecke von der Körperoberfläche

bis zur Durchtrittsstelle im hinteren Scheidengewölbe überwunden werden.

Technik

In der Gynäkologie besteht für die Durchführung einer Kolpotomie eine langjährige klinische Erfahrung. Dies betrifft sowohl diagnostische als auch therapeutisch-resezierende Eingriffe. Nach Desinfektion der Vagina wird unter Sicht das hintere Scheidengewölbe dargestellt, inzidiert und (gegebenenfalls unter laparoskopischer Kontrolle) perforiert. Über einen Trokar können nun verlängerte starre laparoskopische Instrumente oder ein flexibles Endoskop in die Bauchhöhle eingeführt werden. Nach Abschluss der intraperitonealen Prozedur kann ein chirurgischer Verschluss erfolgen.

Infektionsrisiko

Die Infektionsgefahr, die von einem transvaginalen Zugang ausgeht, ist aufgrund des vorliegenden Keimspektrums und des sauren Scheidenmilieus als gering anzusehen. Als Komplikationen der Kolpotomie mit anschließender Endoskopie oder Hydrolaparoskopie des unteren Bauchraums werden in älteren Berichten Infektionen, Verletzungen des Rektums, Blutungen, Darmprolaps, Gebärmutterverletzungen und Dyspareunie mit einer Häufigkeit von 0,33–1,25% angegeben [51–53]. Dennoch wurden in einer Umfrage unter Gynäkologen im deutschsprachigen Raum Infektionen und Organverletzungen als potentielle Komplikationen von transvaginalen NOTES-Eingriffen sehr häufig genannt. Gleiches gilt für das Risiko einer Dyspareunie und Infertilität als mögliche Langzeitfolgen [54]. In gynäkologischen Fachkreisen bestehen demzufolge noch erhebliche Bedenken gegen den transvaginalen Zugang für NOTES.

Verschlussmöglichkeiten

Die Kolpotomie kann mit chirurgischem Instrumentarium erreicht und verschlossen werden. Bezüglich ihrer Durchführung gibt es langjährige Erfahrung. In manchen Publikationen wurde gar auf eine Naht der vaginalen Perforation verzichtet, ohne dass sich negative Folgen für die Patientinnen ergaben.

Einsatz beim Menschen

Gynäkologen nutzen den transvaginalen Weg in den Bauchraum seit mehr als 100 Jahren [55]. In mitunter großen Fallserien wurden Eingriffe an den Ovarien und den Adnexen [56] und zur Diagnostik bei Infertilität [57] beschrieben. Eine Exzision größerer OP-Präparate über die Vagina wurde von Zornig et al. [58] Anfang der 1990er Jahre beschrieben. Unter dem Überbegriff NOTES wurde eine transvaginale Cholezystektomie erstmalig im Jahr 2007 von mehreren Gruppen durchgeführt [59–61]. Bemerkenswerterweise wurde die Dissektion der Gallenblase jeweils über einen oder mehrere perkutane laparoskopische Ports assistiert. Seither wurden weitere kleinere Fallserien bzw. Einzelberichte zur transvaginalen Cholezystektomie [62] und Appendektomie [63, 64]

Tab. 2. Publizierte NOTES Eingriffe beim Menschen

Autor	Patienten	Zugang	Eingriff	Komplikationen
Narula et al., 2008 [25]	10	transgastrisch ^a	Peritoneoskopie	keine
Decarli et al., 2008 [69]	1	transvaginal ^b	Cholezystektomie	keine
Zornig et al. 2008 [62]	20	transvaginal ^b	Cholezystektomie	keine
Steele et al., 2008 [42]	3	transgastrisch ^a	Peritoneoskopie + Leberbiopsie	keine
Hazey et al., 2008 [43]	10	transgastrisch ^a	Peritoneoskopie + gezielte Biopsie	keine
Palanivelu et al., 2008 [64]	3	transvaginal ^a	Appendektomie	keine
Zorron et al, 2008, [71]	4	transvaginal ^b	Cholezystektomie	keine
Bernhardt et al., 2008 [63]	1	transvaginal	Appendektomie	keine
Zornig et al., 2007 [60]	1	transvaginal ^b	Cholezystektomie	keine
Marescaux et al., 2007 [59]	1	transvaginal ^b	Cholezystektomie	keine
Gettman und Blute, 2007 [50]	1	transvesikal	Peritoneoskopie	keine
Dolz et al., 2007 [72]	1	transvaginal ^b	Cholezystektomie	keine
Bessler et al., 2007 [61]	1	transvaginal ^b	Cholezystektomie	keine
Marks et al., 2007 [41]	1	transgastrisch	PEG-Wiederanlage	keine

^aLaparoskopischer Verschluss.
^bHybrideingriff mit laparoskopischer Unterstützung.

publiziert. Im kurzfristigen Verlauf wird über keine Komplikationen berichtet. Sowohl Langzeitbeobachtungen als auch randomisierte Studien fehlen.

Transrektaler Zugang

Anatomische Voraussetzungen

Beim transrektalen Vorgehen erfolgt der Zugang zur Bauchhöhle über das Rektosigmoid. Die Kolonwand wird oberhalb der peritonealen Umschlagsfalte durchschritten. Es ergibt sich eine gute Zugangsmöglichkeit zu den Oberbauchorganen. Größenrestriktionen für die eingesetzten Instrumente als auch für Organpräparate ergeben sich nur bedingt durch die eventuell vorgegebene Größe von Trokarsystemen. Der transluminale Durchtrittspunkt liegt in Nähe der Körperoberfläche und ist damit gut erreichbar.

Technik

Der transrektale Zugang wurde in seiner Erstbeschreibung von Pai et al. [65] über eine einfache endoskopische Inzision der Kolonschleimhaut durchgeführt. In einer Weiterentwicklung wurde am Institut für minimal invasive Therapie und Intervention (MITI) am Klinikum rechts der Isar ein modifizierter TEM-Trokar («ISSA» = innovative safe and sterile sigmoid access) entwickelt und im Tiermodell evaluiert. Über eine Verres-Nadel wird eine aseptische Flüssigkeit intraperitoneal zur Anlage eines Hydroperitoneums infundiert. Anschließend erfolgt in TEM-Technik (TEM = transanale endoskopische Mikrochirurgie) die Anlage einer Tabaksbeutelnaht an der späteren Perforationsstelle. Nach Inzision wird ein verlängerter Punktionstrokar (ISSA) in die Bauchhöhle vorgeschoben, über den ein flexibles Endoskop oder andere Instrumentarien eingeführt werden können. Nach Abschluss des intraperitonealen Eingriffs wird der ISSA zurückgezogen.

Die Perforationsstelle wird durch Zug an der Tabaksbeutelnaht und Einsatz eines Linearstaplers chirurgischen Prinzipien folgend verschlossen [66]. Ein ähnlicher Ansatz wurde zuletzt auch von Denk et al. [67] vorgeschlagen.

Infektionsrisiko

Hinsichtlich des Infektionsrisikos bestehen beim transrektalen Zugang die größten Bedenken. Der transkolische Zugang kann vergleichsweise zu einer vermehrten bakteriellen Kontamination der Bauchhöhle führen [68]; unsere Arbeitsgruppe konnte aber zeigen, dass bei Einhaltung chirurgischer Prinzipien der transsigmoideale Zugang sicher und praktikabel ist [66]. Es bleibt aber festzuhalten, dass weitere Untersuchungen zur Infektionsproblematik zwingend notwendig sind.

Verschlussmöglichkeiten

An den Verschluss eines transrektalen Zugangs sind zur Vermeidung einer kotigen Peritonitis hohe Anforderungen zu stellen. Durch die Nähe zur Körperoberfläche ist ein chirurgischer Verschluss wie beim transvaginalen Zugang möglich und unbedingt notwendig.

Einsatz beim Menschen

Das Prinzip der TEM wurde bereits 1983 von Gerhard Buess in Tübingen entwickelt und erfolgreich eingesetzt [69]. Zu einem transrektalen Zugang für NOTES liegen für den Einsatz beim Menschen bislang allerdings keine zuverlässigen Daten vor.

Fazit

Erste diagnostische und therapeutische NOTES-Eingriffe wurden am Menschen über einen transvaginalen oder transgastrischen Zugang bereits erfolgreich durchgeführt (Tab. 2).

Dennoch bleibt NOTES eine noch experimentelle Alternative zur konventionellen offenen und laparoskopischen Chirurgie. Ein idealer, universell anwendbarer Zugangsweg existiert nicht. Entscheidend zur Auswahl, welcher Weg genommen werden sollte, ist daher die jeweilige Indikation. Der transgastrale, der transvesikale, der transvaginale und der transrektale Zugang weisen jeweils spezifische Vor- und Nachteile auf. Bei der klinischen Anwendung muss berücksichtigt werden,

dass nicht alle Ergebnisse aus dem Tiermodell auf den Menschen übertragen werden können. Der klinische Einsatz von NOTES sollte zunächst ausschließlich innerhalb von Studien stattfinden. Langfristig wird eine enge Zusammenarbeit zwischen laparoskopisch tätigen Chirurgen, Gastroenterologen, Gynäkologen und eventuell Urologen notwendig sein, um diese vielversprechende Methode erfolgreich weiterzuentwickeln.

Literatur

- Kalloor AN, Singh VK, Jagannath SB, et al: Flexible transgastric peritoneoscopy: a novel approach to diagnostic and therapeutic interventions in the peritoneal cavity. *Gastrointest Endosc* 2004;60:114–117.
- von Delius S, Feussner H, Wilhelm D, et al: Transgastric in vivo histology in the peritoneal cavity using miniprobe-based confocal fluorescence microscopy in an acute porcine model. *Endoscopy* 2007;39:407–411.
- Kantsevoy SV, Jagannath SB, Niiyama H, et al: Endoscopic gastrojejunostomy with survival in a porcine model. *Gastrointest Endosc* 2005;62:287–292.
- Bergström M, Ikeda K, Swain P, et al: Transgastric anastomosis by using flexible endoscopy in a porcine model (with video). *Gastrointest Endosc* 2006;63:307–312.
- Jagannath SB, Kantsevoy SV, Vaughn CA, et al: Peroral transgastric endoscopic ligation of fallopian tubes with long-term survival in a porcine model. *Gastrointest Endosc* 2005;61:449–453.
- Wagh MS, Merrifield BF, Thompson CC: Survival studies after endoscopic transgastric oophorectomy and tubectomy in a porcine model. *Gastrointest Endosc* 2006;63:473–478.
- Merrifield BF, Wagh MS, Thompson CC: Peroral transgastric organ resection: a feasibility study in pigs. *Gastrointest Endosc* 2006;63:693–697.
- Cahill RA, Perretta S, Leroy J, et al: Lymphatic mapping and sentinel node biopsy in the colonic mesentery by natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES). *Ann Surg Oncol* 2008;15:2677–2683.
- Leroy J, Cahill RA, Perretta S, et al: Natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) applied totally to sigmoidectomy: an original technique with survival in a porcine model. *Surg Endosc* 2009;23:24–30.
- Sumiyama K, Gostout CJ, Rajan E, et al: Transgastric cholecystectomy: transgastric accessibility to the gallbladder improved with the SEMF method and a novel multibending therapeutic endoscope. *Gastrointest Endosc* 2007;65:1028–1034.
- Swanstrom LL, Kozarek R, Pasricha PJ, et al: Development of a new access device for transgastric surgery. *J Gastrointest Surg* 2005;9:1129–1136; discussion 1136–1137.
- Kantsevoy SV, Hu B, Jagannath SB, et al: Transgastric endoscopic splenectomy: is it possible? *Surg Endosc* 2006;20:522–525.
- von Delius S, Huber W, Feussner H, et al: Effect of pneumoperitoneum on hemodynamics and inspiratory pressures during natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES): an experimental, controlled study in an acute porcine model. *Endoscopy* 2007;39:854–861.
- Kantsevoy SV, Jagannath SB, Niiyama H, et al: A novel safe approach to the peritoneal cavity for per-oral transgastric endoscopic procedures. *Gastrointest Endosc* 2007;65:497–500.
- McGee MF, Rosen MJ, Marks J, et al: A reliable method for monitoring intraabdominal pressure during natural orifice transluminal endoscopic surgery. *Surg Endosc* 2007;21:672–676.
- Moyer MT, Pauli EM, Haluck RS, et al: A self-approximating transluminal access technique for potential use in NOTES: an ex vivo porcine model (with video). *Gastrointest Endosc* 2007;66:974–978.
- Pauli EM, Moyer MT, Haluck RS, et al: Self-approximating transluminal access technique for natural orifice transluminal endoscopic surgery: a porcine survival study (with video). *Gastrointest Endosc* 2008;67:690–697.
- von Delius S, Gillen S, Doundoulakis E, et al: Comparison of transgastric access techniques for natural orifice transluminal endoscopic surgery. *Gastrointest Endosc* 2008;68(5):940–947.
- Hondo FY, Giordano-Nappi JH, Maluf-Filho F, et al: Transgastric access by balloon overtube for intraperitoneal surgery. *Surg Endosc* 2007;21:1867–1869.
- Lamadé W, Hochberger J: Transgastric surgery: avoiding pitfalls in the development of a new technique. *Gastrointest Endosc* 2006;63:698–700.
- Martinsen TC, Bergh K, Waldum H: Gastric juice: a barrier against infectious diseases. *Basic Clin Pharmacol Toxicol* 2005;96:94–102.
- Tryba M, Cook DJ: Gastric alkalization, pneumonia, and systemic infections: the controversy. *Scand J Gastroenterol Suppl* 1995;210:53–59.
- Buck L, Michalek J, Van Sickle K, et al: Can gastric irrigation prevent infection during NOTES mesh placement? *J Gastrointest Surg*. 2008;12:2010–2014.
- Narula VK, Hazey JW, Renton DB, et al: Transgastric instrumentation and bacterial contamination of the peritoneal cavity. *Surg Endosc* 2008;22:605–611.
- Narula VK, Happel LC, Volt K, et al: Transgastric endoscopic peritoneoscopy does not require decontamination of the stomach in humans. *Surg Endosc* 2009;23:1331–1336.
- Wagh MS, Merrifield BF, Thompson CC: Endoscopic transgastric abdominal exploration and organ resection: initial experience in a porcine model. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2005;3:892–896.
- Hu B, Kalloor AN, Chung SS, et al: Peroral transgastric endoscopic primary repair of a ventral hernia in a porcine model. *Endoscopy* 2007;39:390–393.
- Kratt T, Küper M, Traub F, Ho CN, et al: Feasibility study for secure closure of natural orifice transluminal endoscopic surgery gastrotomies by using over-the-scope clips. *Gastrointest Endosc* 2008;68:993–996.
- Katsarelias D, Polydorou A, Tsaroucha A, et al: Endoloop application as an alternative method for gastrotomy closure in experimental transgastric surgery. *Surg Endosc* 2007;21:1862–1865.
- Hausmann U, Feussner H, Ahrens P, et al: Endoluminal endosurgery: rivet application in flexible endoscopy. *Gastrointest Endosc* 2006;64:101–103.
- Park PO, Bergstrom M, Ikeda K, et al: Experimental studies of transgastric gallbladder surgery: cholecystectomy and cholecystogastric anastomosis (videos). *Gastrointest Endosc* 2005;61:601–606.
- Ikeda K, Mosse CA, Park PO, et al: Endoscopic full-thickness resection: circumferential cutting method. *Gastrointest Endosc* 2006;64:82–89.
- Ikeda K, Fritscher-Ravens A, Mosse CA, et al: Endoscopic full-thickness resection with sutured closure in a porcine model. *Gastrointest Endosc* 2005;62:122–129.
- Fritscher-Ravens A, Mosse CA, Mills TN, et al: A through-the-scope device for suturing and tissue approximation under EUS control. *Gastrointest Endosc* 2002;56:737–742.
- Ryou M, Pai RD, Sauer JS, et al: Evaluating an optimal gastric closure method for transgastric surgery. *Surg Endosc* 2007;21:677–680.
- Magno P, Giday SA, Dray X, et al: A new stapler-based full-thickness transgastric access closure: results from an animal pilot trial. *Endoscopy* 2007;39:876–880.
- Perretta S, Sereno S, Forgione A, et al: A new method to close the gastrotomy by using a cardiac septal occluder: long-term survival study in a porcine model. *Gastrointest Endosc* 2007;66:809–813.
- Cios TJ, Reavis KM, Renton DR, et al: Gastrotomy closure using bioabsorbable plugs in a canine model. *Surg Endosc* 2008;22:961–966.
- Voermans RP, Worm AM, van Berge Henegouwen MI, et al: In vitro comparison and evaluation of seven gastric closure modalities for natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES). *Endoscopy* 2008;40:595–601.
- Seifert H, Wehrmann T, Schmitt T, et al: Retroperitoneal endoscopic debridement for infected peripancreatic necrosis. *Lancet* 2000;356:653–655.
- Marks JM, Ponsky JL, Pearl JP, McGee MF: PEG 'Rescue': a practical NOTES technique. *Surg Endosc* 2007;21:816–819.
- Steele K, Schweitzer MA, Lyn-Sue J, et al: Flexible transgastric peritoneoscopy and liver biopsy: a feasibility study in human beings (with videos). *Gastrointest Endosc*. 2008;68:61–66.
- Hazey JW, Narula VK, Renton DB, et al: Natural-orifice transgastric endoscopic peritoneoscopy in humans: initial clinical trial. *Surg Endosc* 2008;22:16–20.
- Lima E, Henriques-Coelho T, Rolanda C, et al: Transvesical thoracoscopy: a natural orifice transluminal endoscopic approach for thoracic surgery. *Surg Endosc* 2007;21:854–858.
- Lima E, Rolanda C, Pêgo JM, et al: Third-generation nephrectomy by natural orifice transluminal endoscopic surgery. *J Urol* 2007;178:2648–2654.
- Rolanda C, Lima E, Pêgo JM, et al: Third-generation cholecystectomy by natural orifices: transgastric and transvesical combined approach (with video). *Gastrointest Endosc* 2007;65:111–117.

- 47 Lima E, Rolanda C, Pêgo JM, et al: Transvesical endoscopic peritoneoscopy: a novel 5 mm port for intra-abdominal scarless surgery. *J Urol* 2006;176:802–805.
- 48 Lima E, Rolanda C, Osório L, et al: Endoscopic Closure of transmural bladder wall perforations. *Eur Urol* 2009;56:151–158.
- 49 Pansadoro A, Franco B, Laurenti C, et al: Conservative treatment of intraperitoneal bladder perforation during transurethral resection of bladder tumor. *Urology* 2002;60:682–684.
- 50 Gettman MT, Blute ML: Transvesical peritoneoscopy: initial clinical evaluation of the bladder as a portal for natural orifice transluminal endoscopic surgery. *Mayo Clin Proc* 2007;82:843–845.
- 51 Burnett AF: Reinventing the culdoscope. *Surg Endosc* 2000;14:685–688.
- 52 Abarbanel AR: Transvaginal pelviscopy (peritoneoscopy); a simplified and safe technique as an office procedure. *Am J Surg* 1955;90:122–128.
- 43 Josey WE, Thompson JD, Telinde RW: Ten years experience with culdoscopy: and analysis of 594 cases. *South Med J* 1957;50:713–719.
- 54 Thele F, Zygmunt M, Glitsch A, et al: How do gynecologists feel about transvaginal NOTES surgery? *Endoscopy*. 2008;40:576–580.
- 55 Christian J, Barrier BF, Schust D, et al: Culdoscopy: a foundation for natural orifice surgery – past, present, and future. *J Am Coll Surg* 2008;207:417–422.
- 56 Tsin DA: Culdolaparoscopy: a preliminary report. *J Soc Laparoendosc Surg* 2001;5:69–71.
- 57 Gordts S, Puttemans P, Gordts S, et al: Transvaginal laparoscopy. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2005;19:757–767.
- 58 Zornig C, Emmermann A, von Waldenfels HA, et al: Kolptomie zur Präparatebergung in der laparoskopischen Chirurgie. *Chirurg* 1994;65:883–885.
- 59 Marescaux J, Dallemagne B, Perretta S, et al: Surgery without scars: report of transluminal cholecystectomy in a human being. *Arch Surg* 2007;142:823–826.
- 60 Zornig C, Emmermann A, von Waldenfels HA, et al: Laparoscopic cholecystectomy without visible scar: combined transvaginal and transumbilical approach. *Endoscopy* 2007;39:913–915.
- 61 Bessler M, Stevens PD, Milone L, et al: Transvaginal laparoscopically assisted endoscopic cholecystectomy: a hybrid approach to natural orifice surgery. *Gastrointest Endosc* 2007;66:1243–1245.
- 62 Zornig C, Mofid H, Emmermann A, et al: Scarless cholecystectomy with combined transvaginal and transumbilical approach in a series of 20 patients. *Surg Endosc* 2008;22:1427–1479.
- 63 Bernhardt J, Gerber B, Schober HC, et al: NOTES – case report of a unidirectional flexible appendectomy. *Int J Colorectal Dis* 2008;23:547–550.
- 64 Palanivelu C, Rajan PS, Rangarajan M, et al: Transvaginal endoscopic appendectomy in humans: a unique approach to NOTES-world's first report. *Surg Endosc* 2008;22:1343–1347.
- 65 Pai RD, Fong DG, Bundga ME, et al: Transcolonic endoscopic cholecystectomy: a NOTES survival study in a porcine model (with video). *Gastrointest Endosc* 2006;64:428–434.
- 66 Wilhelm D, Meining A, von Delius S, et al: An innovative, safe and sterile sigmoid access (ISSA) for NOTES. *Endoscopy* 2007;39:401–406.
- 67 Denk PM, Swanström LL, Whiteford MH: Transanal endoscopic microsurgical platform for natural orifice surgery. *Gastrointest Endosc* 2008;68:954–959.
- 68 Fong DG, Pai RD, Thompson CC: Transcolonic endoscopic abdominal exploration: a NOTES survival study in a porcine model. *Gastrointest Endosc* 2007;65:312–318.
- 69 Buess GF: Endoscopic surgery in the rectum. *Endoscopy* 1985;17:31–35.
- 70 Decarli L, Zorron R, Branco A, Lima FC, Tang M, Pioneer SR, Zanin I Jr, Schulte AA, Bigolin AV, Gagner M: Natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) transvaginal cholecystectomy in a morbidly obese patient. *Obes Surg* 2008;18:886–889.
- 71 Zorron R, Maggioni LC, Pombo L, Oliveira AL, Carvalho GL, Filgueiras M: NOTES transvaginal cholecystectomy: preliminary clinical application. *Surg Endosc* 2008;22:542–547.
- 72 Dolz C, Noguera JF, Martín A, Vilella A, Cuadrado A: Transvaginal cholecystectomy (NOTES) combined with minilaparoscopy (in Spanish). *Rev Esp Enferm Dig* 2007;99:698–702.