

**Untersuchung zur
Platzierung selbstwandernder Ernährungssonden
zur frühen enteralen Ernährung
von operativen Intensivpatienten**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

vorgelegt von Agnes Lydia Wolny
aus Hamburg

2009

Angefertigt mit der Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. S. Schröder
2. Gutachter: Professor Dr. med. Th. Minor

Tag der Mündlichen Prüfung: 25.02.2009

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin
der Universität Bonn

Direktor: Professor Dr. med. A. Hoeft

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn unter
http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online elektronisch publiziert.

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1. Abkürzungsverzeichnis	7
2. Einleitung	9
2.1 Pathophysiologien der gestörten Darmfunktion beim Intensivpatienten	9
2.2 Ernährungstherapien bei Intensivpatienten	12
2.3 Ernährungssonden	19
2.4 Fragestellung	21
3. Methodik	22
3.1 Patientenauswahl und Einschlusskriterien	22
3.2 Scoresysteme zur Beurteilung der Erkrankungsschwere	24
3.3 Auswahl der Sondentypen	28
3.4 Statistik	32
4. Ergebnisse	33
4.1 Demographische Ergebnisse	33
4.2 Ergebnisse zur Sondenlage	34
4.3 Beeinflussende Faktoren der Sondenplatzierung	35
4.4 Komplikationen	36

5. Diskussion	37
5.1 Enterale Ernährung in der Intensivmedizin	37
5.2 Problematik verschiedener Sondentypen	42
5.3 Ökonomie und standardisierte Ernährungsprotokolle in der Intensivmedizin	46
6. Zusammenfassung	48
7. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	49
8. Literaturverzeichnis	51
9. Danksagung	58

1. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACTH	Adrenocorticotropes Hormon, Corticotropin
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
AZ	Aktenzeichen
BMG	Bengmark [®] -Sonden-Gruppe
°C	Grad Celsius
cm	Zentimeter
EE	Enterale Ernährung
ESPEN	European Society for Nutrition and Metabolism
FiO ₂	Fraction of inspire Oxygen, inspiratorische Sauerstoffkonzentration
g·l ⁻¹	Gramm pro Liter
h	Stunde
h/d	Stunde pro Tag
HIV	Humanes Immundefizienz-Virus
i.v.	intravenös
kal/kg/h	Kalorien pro Kilogramm pro Stunde
kcal	Kilokalorien
kcal/d	Kilokalorien pro Tag
l·d ⁻¹	Liter pro Tag
i.S.	im Serum
m ²	Quadratmeter
MAD	mittlerer arterieller Druck
max	maximal
mg·dl ⁻¹	Milligramm pro Deziliter
mg/h	Milligramm pro Stunde
mm ³	Kubikmillimeter
mmol·l ⁻¹	Millimol pro Liter
min ⁻¹	pro Minute

mind.	mindestens
ml	Milliliter
ml/d	Milliliter pro Tag
ml/h	Milliliter pro Stunde
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
$\mu\text{g/h}$	Mikrogramm pro Stunde
$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{Kg}\cdot\text{min}^{-1}$	Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Minute
$\mu\text{g/kg/min}$	Mikrogramm pro Kilogramm pro Minute
$\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$	Mikromol pro Liter
n	Anzahl an Probanden
NO	Stickstoffmonoxid
o.g.	oben genannt
PaO_2	Sauerstoffpartialdruck
PEG	Perkutane endoskopisch kontrollierte Gastrostomie
PEG/J	Perkutane endoskopisch kontrollierte Gastrostomie/ Jejunostomie
SAG	Subjective Global Assessment
SAPS II	Simplified Acute Physical Score
SOFA	Sequential Organ Failure Assessment
TPN	Total Parenteral Nutrition
TTG	Tiger Tube [®] -Sonden-Gruppe
vs	versus

2. Einleitung

2.1 Pathophysiologie der gestörten Darmfunktion bei Intensivpatienten

Der Magen-Darm-Trakt ist ein komplexes, selbstregulatorisches Organsystem, das mit einer Oberfläche von ca. 100 m^2 die Außenwelt vom Körperinneren trennt. Er erfüllt die Funktionen: Sekretion, Verdauung, Absorption und Transport. Die Oberfläche ist eine beträchtliche Angriffsfläche für Krankheitserreger. Der Magen-Darm-Trakt ist deswegen mit einer ganzen Reihe spezifischer und unspezifischer Abwehrmechanismen ausgestattet. Dazu gehören pH-Werte im deutlich sauren oder alkalischen Bereich, zähes Sekret, Enzyme, Sezernation von Antikörpern mit anschließender Eliminierung der Erreger durch Killer-T-Lymphozyten oder Makrophagen.

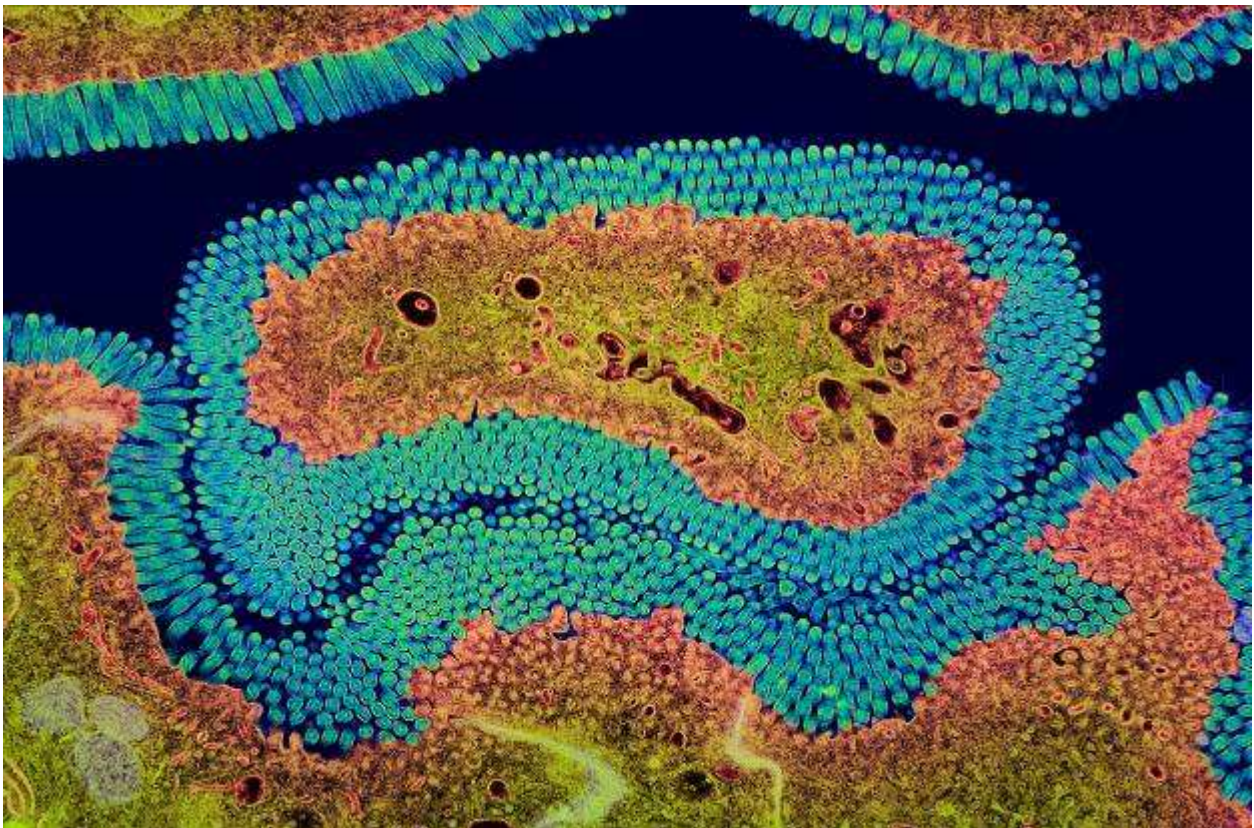


Abbildung 1: Mikrovilli im Dickdarm, Transmissions-Elektronenmikroskopie; Steve Gschmeissner, Science Photo Library, Copyright by Agentur Focus. Ein Beispiel für den hochkomplexen Feinaufbau der Darmwand und ihrer Zellen.

Die gastrointestinale glatte Muskulatur besteht aus einer Längs- und einer Ringmuskelschicht sowie aus der Lamina muscularis mucosae. Diese Muskulatur mit komplexen Autoregulationsmechanismen sorgt durch rhythmische Kontraktion unter dem Einfluss des parasympathischen und des sympathischen Nervensystems für die Passage der Nahrung durch den Magen-Darm-Trakt.

Die Entleerungszeit des Magens liegt zwischen einer und drei Stunden. Der Dünndarm wird zwischen sieben und neun Stunden passiert. Diese Zeiten können interindividuell und intraindividuell variabel sein und hängen zudem von der Nahrungszusammensetzung ab (Silbernagel und Silbernagel, 1994). Bei intensivpflichtigen schwerkranken Patienten besteht häufig postoperativ, traumatisch oder durch Sepsis bedingt eine Magen-Darm-Atonie, wobei Dauer und Intensität für die betroffenen gastrointestinalen Abschnitte unterschiedlich sein können. Die gastrale Parese liegt zwischen 24 und 48 Stunden, während die Dünndarmatonie bis zu 24 Stunden und die des Dickdarms 3 bis 5 Tage bestehen kann (Haug et al., 2004). Postoperativer Stress bewirkt eine Steigerung des Sympathikotonus mit Hemmung der intestinalen Motilität. Zusätzlich scheint postoperativer Schmerz über einen spinalen Reflexbogen hemmenden Einfluss auf die gastrointestinale Motilität zu haben (Litz et al., 1999). Damit kann enterale Ernährung erheblich behindert oder für eine Weile unmöglich sein.

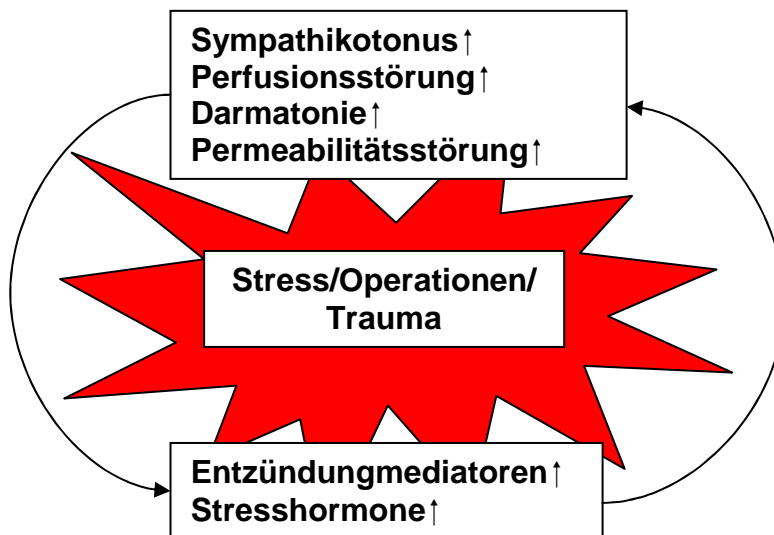


Abbildung 2: Pathophysiologische Besonderheiten beim kritisch kranken Intensivpatienten.

Steigerung des Sympathikotonus durch postoperativen Stress, dadurch Steigerung der Entzündungsmediatoren und resultierende Darmatonie.

Folge des gesteigerten Sympathikotonus im Rahmen von Stress bei einem Schockgeschehen ist eine Minderperfusion des Splanchnikusgebietes (Bailey et al., 2000; Reilly et al., 2001; Toung et al., 2000). Im Tierexperiment konnte gezeigt werden, dass es zur Verschlechterung der Mikrozirkulation als mögliche Folge eines gestörten Gleichgewichts von vasokonstriktiven und vasodilatativen Mediatoren im Rahmen einer systemischen Entzündungsreaktion kommt (Hutcheson et al., 1990). Zusätzlich steigt im Rahmen einer Sepsis der Sauerstoffbedarf des Darmes im Vergleich zum Gesamtorganismus (Takala und Ruokonen, 1992). Alle Faktoren können zu einer Permeabilitätsstörung der Darmmukosa mit nachteiliger Auswirkung auf die intestinale Barrierefunktion bis hin zum Funktionsverlust mit konsekutiver, systemischer, entzündlicher Reaktion führen (Pape et al., 1994).

Die Permeabilitätsstörung erleichtert eine bakterielle Translokation aus dem Gastrointestinaltrakt, die durch Einschwemmung in das Pfortadersystem mit anschließender systemischer Aussaat ein möglicher Entstehungsmechanismus der Sepsis ist, die schließlich zu einem Multiorganversagen führen kann (Fink, 1994).

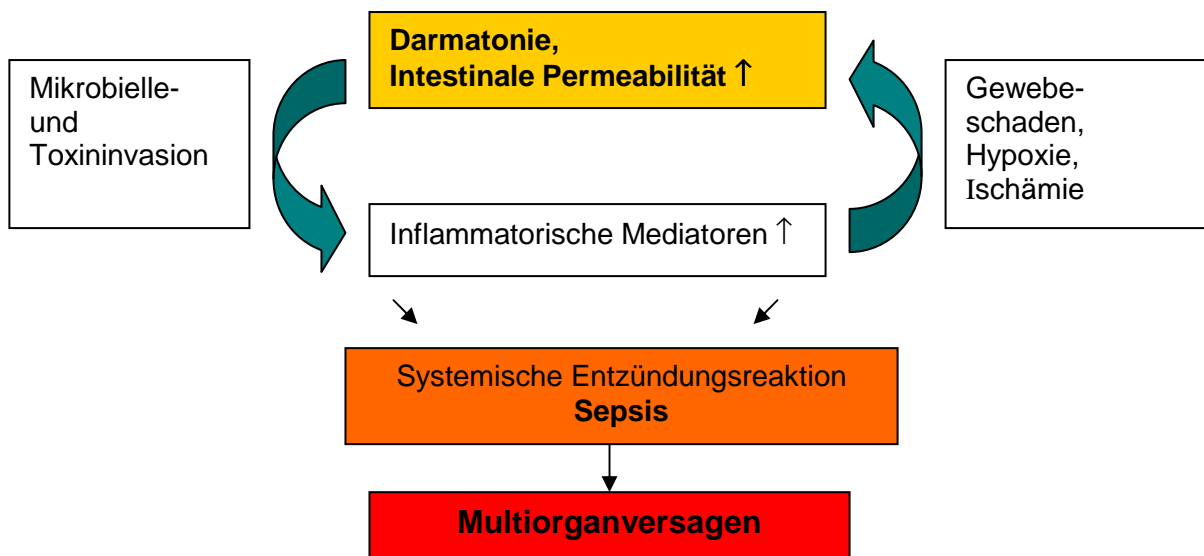


Abbildung 3. Der Darm als Motor der Sepsis. Bei Darmatonie kann es als Folge gestörter Mikrozirkulation mit möglicher Hypoxie, bzw. Ischämie zu einem Gewebeschaden kommen. Inflammatorische Mediatoren werden freigesetzt. Dies kann zur Permeabilitätsstörung der Darmmukosa mit nachteiliger Auswirkung auf die intestinale Barrierefunktion bis hin zu deren Funktionsverlust mit Invasion von Mikroorganismen und Toxinen führen. Diese können eine systemische entzündliche Reaktion hervorrufen. Der Kreislauf kann bis zur Sepsis und im fortgeschrittenen Stadium zum Multiorganversagen führen.

Es wird zunehmend anerkannt, dass enterale Nahrungskarenz bei kritisch Kranken mit einer Änderung der Barrierefunktion des Darms einhergeht (Alverdy, 1994).

Bereits nach vier Tagen ohne enterale Ernährung kommt es zu einer signifikanten Atrophie der Duodenalmukosa, die ebenfalls mit einer erhöhten Darmpermeabilität einhergeht (Hernandez et al., 1999).

Studien konnten zeigen, dass enterale Ernährung einen positiven Einfluss auf die Darmmorphologie und seine Funktionalität hat. (Chen et al., 2004; Buchmann et al., 1995; Stallmach und Zeitz, 1998).

Die Barrierefunktion kann durch einen enteralen Kostaufbau gestärkt und damit die Permeabilität für Bakterien und Toxine geringer werden. Artinian und Krayem (2006) konnten zeigen, dass eine frühe enterale Ernährung die Mortalität bei kritisch Kranken senkt.

Außerdem wird die Zahl zusätzlicher Infektionen und die Krankenhausverweildauer reduziert (Marik et al., 2001). Aus diesem Grund ist die Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung bzw. der ESPEN (European Society for Nutrition and Metabolism), dass bei einem Patienten, der voraussichtlich innerhalb von drei Tagen zu keiner ausreichenden oralen Nahrungsaufnahme fähig sein wird, eine frühenterale Ernährung begonnen werden sollte (Kreymann et al., 2006).

Abbildung 4. zeigt den Unterschied zwischen physiologischer und durch Mangelernährung bedingt atrophischer Jejunalschleimhaut.

2.2 Ernährungstherapien bei Intensivpatienten

In Deutschland ist jeder vierte Patient unzureichend ernährt (Pirlich et al., 2006). Mangelernährung führt zu einer um 40 % verlängerten Krankenhausverweildauer (Pirlich et al., 2003).

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin differenziert den Bedarf für künstliche Ernährung je nach Grad der Mangelernährung eines Patienten oder nach dem Vorliegen von Risikofaktoren für Mangelernährung. Patienten ohne Mangelernährung müssen künstlich ernährt werden, wenn sie voraussichtlich nicht innerhalb von sieben Tagen oral

ernährt werden können oder über mehr als 14 Tage oral nichtbedarfsdeckende Kost erhalten haben.

Bei Patienten mit mäßiger Mangelernährung ist eine Ernährungsintervention optional, bei Patienten mit schwerer Mangelernährung hingegen unabdingbar.

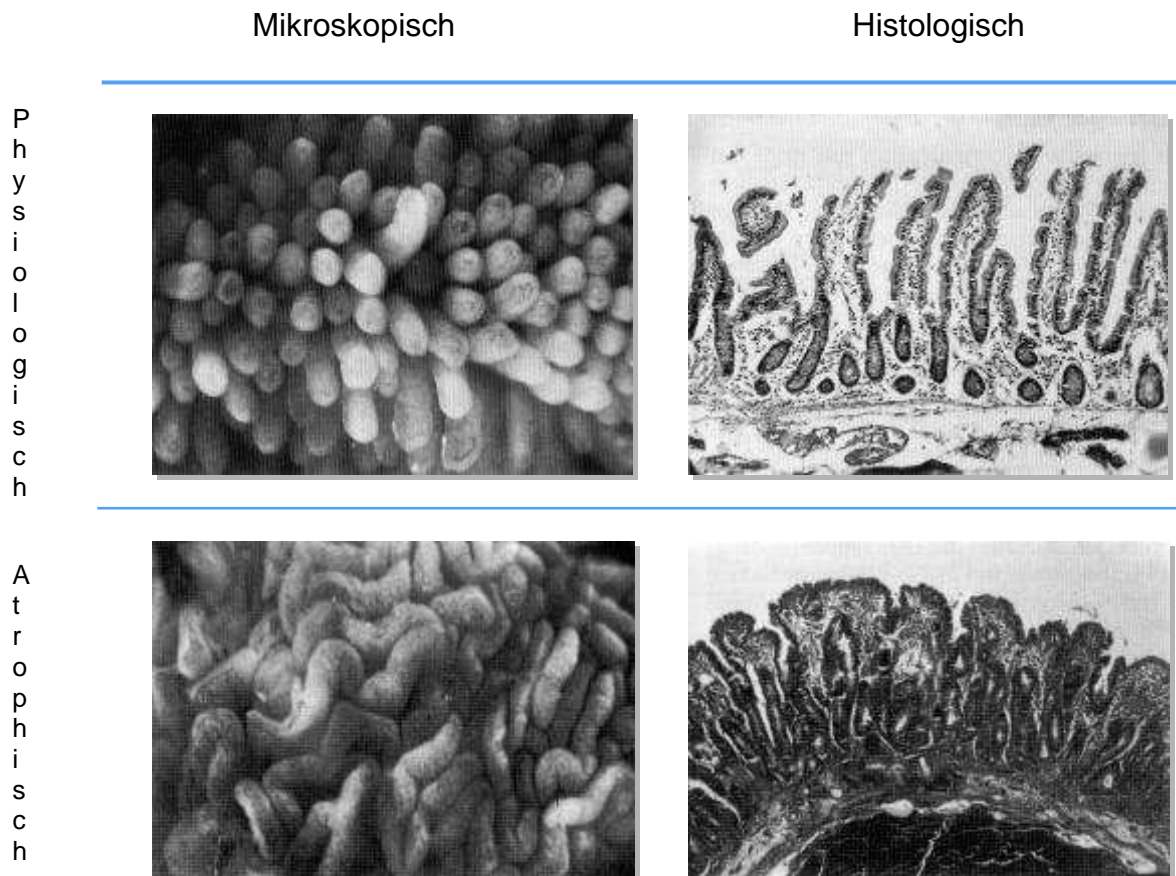


Abbildung 4: Jejunal Schleimhaut (Hafter, 1988). Unterschied zwischen physiologischer und durch Mangelernährung bedingt atrophischer Jejunal Schleimhaut in histologischer und mikroskopischer Aufnahme.

Zur Bewertung des Ernährungszustandes kann der Subjective Global Assessment Index (Detsky et al., 1987) genutzt werden. Sein Vorteil ist, dass keine spezifischen Untersuchungen benötigt, sondern einfachste Parameter vom Patienten abgefragt werden und das Körpergewicht bestimmt wird (Tabelle 1).

Tabelle 1: Subjective Global Assessment (SAG) (Detsky et al., 1987). In Deutschland ist jeder vierte Patient mangelernährt. Zur Bewertung des Ernährungszustandes kann der Subjective Global Assessment Index genutzt werden. Er berücksichtigt Gewicht, Nahrungszufuhr, gastrointestinale Symptomatik, Leistung im Sinne von Aktivität, metabolischen Stress und körperliche Anzeichen wie Fettverlust, Ödeme oder Hautveränderungen. Aus den Werten dieser Parameter lässt sich ein dreistufiger Index ableiten: A (keine Mangelernährung), B (Risikopatient) und C (manifeste Mangelernährung). Mit seiner Hilfe können Standards für die Ernährung von Patienten erstellt werden.

	keine Mangelernährung	Risikopatient	manifeste Mangelernährung
Gewicht	stabil	– 5% in 6 Monaten	–10% in 6 Monaten
Nahrungszufuhr	stabil	weich/flüssig	hypokalorisch
Gastrointestinale-Symptomatik	keine	Appetitlosigkeit	Übelkeit/Erbrechen
Leistung	normal	gering	bettlägerig
Metabolischer Stress	kein	gering	hoch
Körperliche Zeichen	normal	Fettverlust	Ödeme, Hautveränderungen
SGA Index	A	B	C

Mit Hilfe dieses Indexes können Standards für die Ernährung erstellt werden. Standards führen eher zu enteraler Ernährung und damit zu kürzeren Beatmungszeiten und verminderten Sterblichkeitsraten (Barr et al., 2004).

Der Energiebedarf wird bei stoffwechselstabilen Patienten anhand des Grundumsatzes errechnet. Angestrebt werden sollte eine Energiemenge von 24 kcal/kg und Tag (Weimann et al., 2006). Das entspricht der häufig angewendeten Faustformel: Körpergewicht (kg) multipliziert mit 24 (h) entspricht dem Energiebedarf in Kilokalorien.

Bei intensivpflichtigen, stoffwechselstabilen Patienten müssen Abweichungen infolge des möglichen Postaggressionssyndroms berücksichtigt werden. Dem Patienten wird deshalb je nach Phase Energie angepasst zugeführt.

In der Akutphase bzw. Aggressionsphase (Ebbphase), die unmittelbar auf Schmerz, chirurgische Eingriffe oder Traumata folgt, werden Katecholamine, adrenocorticotropes Hormon (ACTH), Kortisol, Wachstumshormone und Vasopressin ausgeschüttet. Dies führt zu einem absoluten Insulinmangel und zur Glukoneogenese in der Leber mit laborchemisch nachweisbaren Hyperglykämien und Glukosurie. Weiter kommt es zu

einer Flüssigkeitsumverteilung als Folge einer verstärkten Natrium- und Wasserretention. In dieser Phase steht die Stabilisierung der Vitalfunktionen, der Ausgleich des Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalts zum Erhalt der Homöostase im Vordergrund. Dieser Zustand kann zwischen zwölf Stunden und zwei Tagen anhalten. Eine zusätzliche Ernährungstherapie erzeugt in dieser Phase metabolischen Stress. Aus diesem Grunde wird die Energiezufuhr im Unterschied zu stoffwechselstabilen Patienten auf das 0,6 bis 0,8 fache des Grundumsatzes reduziert.

Die Sekundärphase bzw. Postaggressionsphase (Flowphase), die mit der Stabilisierung der Vitalfunktionen und dem Erhalt der Homöostase einhergeht, dauert etwa vom zweiten bis zum sechsten Tag. In dieser Phase liegt eine inadäquate Ausschüttung des Insulins vor, wobei diese jedoch stimuliert werden kann. Ziel der Ernährung ist die Bereitstellung von ausreichenden Substraten für den gesteigerten Energieumsatz, der zur Aufrechterhaltung der Organfunktionen nötig ist. Sie sollte an den jeweiligen Bedarf des erkrankten Organismus adaptiert werden. Dies wird mit einer Energiezufuhr in der Größenordnung Grundumsatz multipliziert mit einem Faktor zwischen 0,8 bis 1,4 berücksichtigt.

Die Reparationsphase wird schließlich nach der Beseitigung der Stress auslösenden Ursachen erreicht. Bei wiedererreichten physiologischen neuroendokrinen Verhältnissen kommt es bei anaboler Stoffwechsellaage zum Auffüllen verbrauchter Energiedepots. Diese Phase kann vom siebten bis zum zwanzigsten Tag unter Umständen individuell bis zu 60 Tagen andauern. Aufgrund des gesteigerten Bedarfs wird Energie im Umfang von Grundumsatz multipliziert mit einem Faktor zwischen 1,2 bis 1,8 zugeführt.

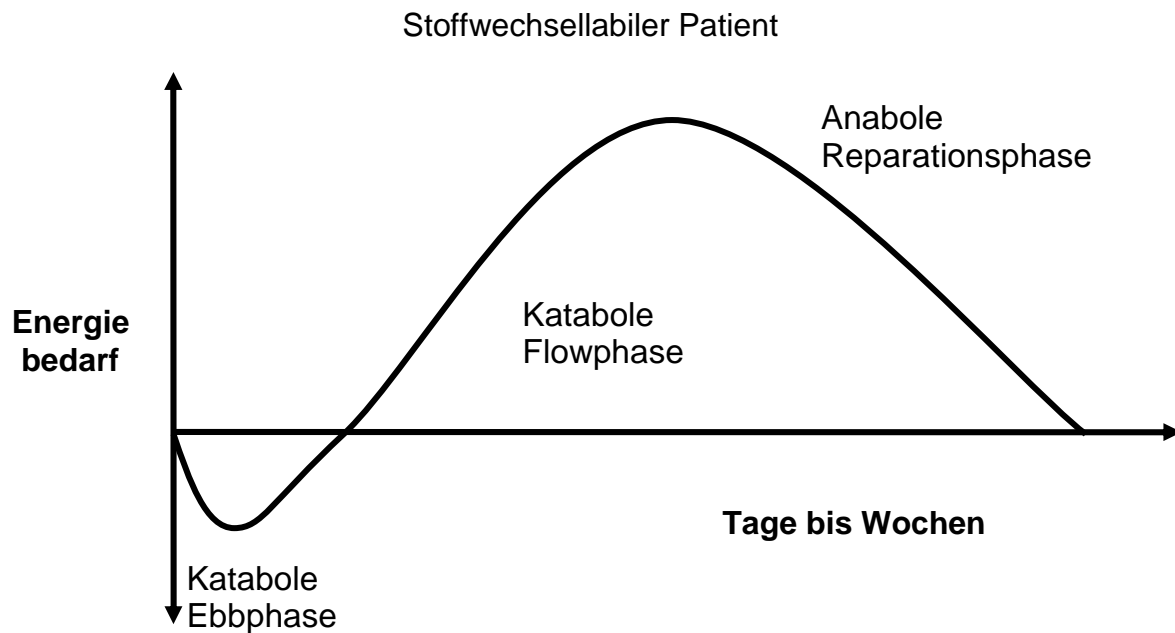


Abbildung 5: Modellhafte Darstellung des Energiebedarfs im Stressstoffwechsel von Patienten mit Postaggressionssyndrom. Anders als beim stoffwechselstabilen Patienten verändert sich der Energiebedarf im Stressstoffwechsel in drei Phasen. Beim katabolen Stoffwechsel in der Ebbphase ist der Energiebedarf niedriger als bei normalem Grundumsatz, um dann in der Flowphase (ca. 2 - 6. Tag) über den Normalbedarf hinaus anzusteigen. Bei wiedererreichten physiologischen neuroendokrinen Verhältnissen kommt es bei anaboler Stoffwechsellaage nach der Beseitigung der Stress auslösenden Ursachen in der Reparationsphase zum Auffüllen verbrauchter Energiedepots.

Die Ernährung bei Intensivpatienten sollte früh begonnen werden. Dies ist umso dringlicher, je schwerer der Patient erkrankt ist (Artinian et al., 2006). Dabei ist enterale Ernährung der parenteralen vorzuziehen (Braunschweig et al., 2001; Gramlich et al., 2004). Parenterale Ernährung sollte nur zum Ausgleich des Energie- und Flüssigkeitsbedarfs erfolgen.

Wenn eine komplett enterale Ernährung nicht möglich ist, sollte zumindest eine minimale enterale Ernährung mit 10 – 30 ml/h (240 – 720 ml/24 Stunden) kontinuierlich, wenn möglich jejunal, andernfalls gastral verabreicht werden. Der dadurch entstehende starke physiologische Reiz für den Gastrointestinaltrakt beugt der Mukosaatrophie und der mit ihr einhergehenden Permeabilitätserhöhung vor (Aydin et al, 2005).

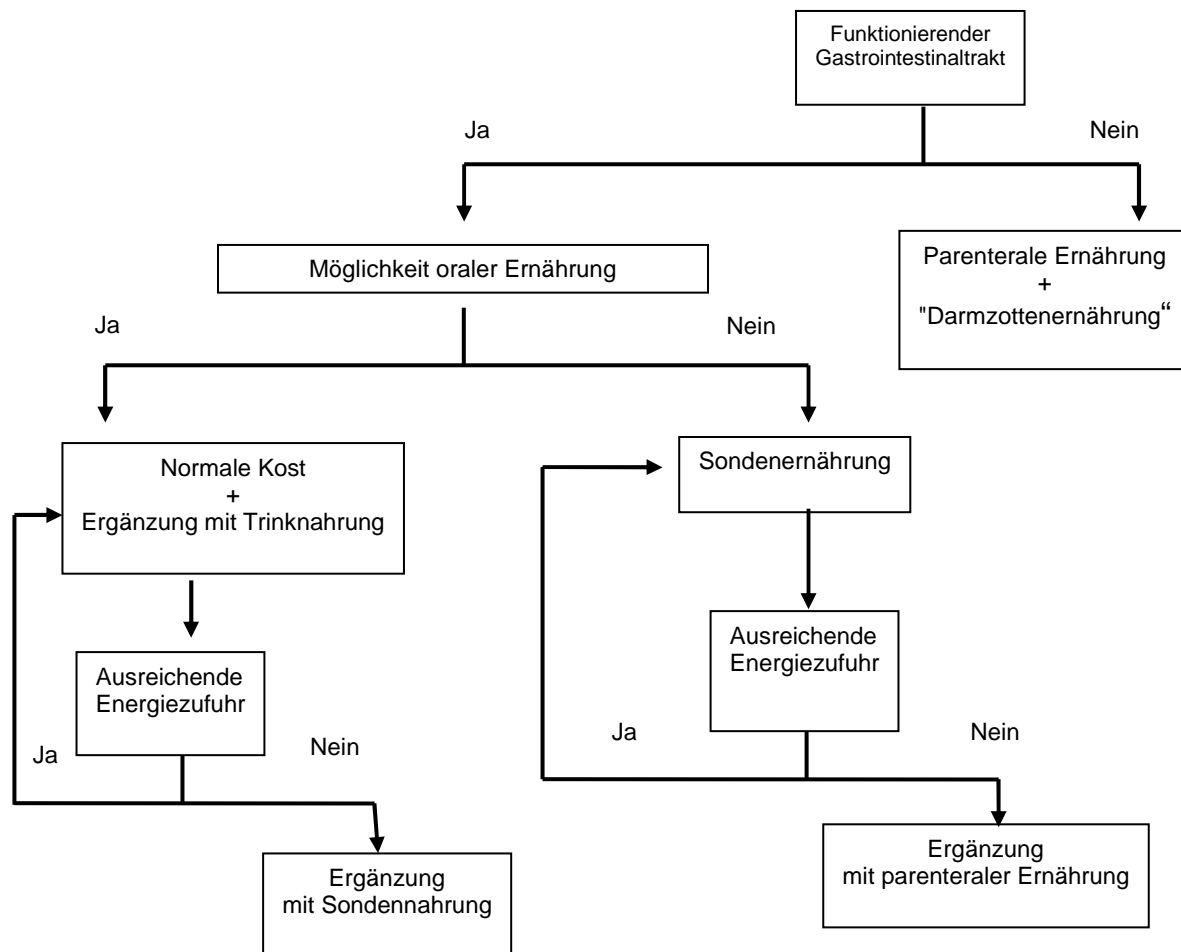


Abbildung 6: Möglichkeiten der Ernährung. Die Funktionsfähigkeit des Gastrointestinaltraktes bedingt die Ernährung von Intensivpatienten. Ist sie nicht gegeben sollte diese parenteral erfolgen, jedoch möglichst mit einer minimalen enteralen Ernährung (Darmzottenernährung) verbunden werden. Ist sie gegeben, sollte Sondenernährung primär einsetzen, wenn orale Ernährung nicht möglich ist. Wenn über diesen Weg keine ausreichende Energiezufuhr zu erreichen ist, sollte die fehlende Energie parenteral zugeführt werden.

Mit normaler Kost, ggf. ergänzt durch Trinknahrung, wird begonnen wenn orale Ernährung möglich ist. Reicht die so zugeführte Energiemenge nicht aus, sollte eine zusätzliche Ernährung mittels Sonde erfolgen.

Der standardisierte enterale Kostaufbau (nach Leitlinien der klinischen Ernährung des Westküstenklinikums Heide, 2005) bei intensivpflichtigen Patienten erfolgt innerhalb der ersten 24 Stunden nach stationärer Aufnahme über sechs Stufen. Er wird mit einer Zufuhr rate von 10 ml/h (1ml=1kcal) über eine Magensonde begonnen. Alle 4 Stunden

erfolgt eine Aspiratkontrolle. Werden weniger als 100 ml aspiriert, wird auf die nächste Stufe übergegangen. Ergänzend wird zur jeweiligen Stufe der ungedeckte Energiebedarf parenteral substituiert. Bis zur vierten Stufe wird die Zufuhr rate um jeweils 10 ml/h/Stufe gesteigert. Vor der Steigerung der Nahrungszufuhr von der dritten auf die vierte Stufe sollte der Patient abgeführt haben. Auf der fünften Stufe werden 60 ml/h (ca. 1500 kcal/d), auf der sechsten Stufe 80 ml/h (ca. 2000 kcal/d) verabreicht. Auf den letzten beiden Stufen sollte keine ergänzende parenterale Ernährung mehr erfolgen. Zwischen 100 bis 200 ml Aspiratmenge wird die Zufuhr rate unverändert belassen. Eine Aspiratmenge von über 200 ml führt zu einer Reduktion der Zufuhrmenge auf die vorherige Stufe.

Das Problem der frühenteralen Ernährung liegt in der beschriebenen relativ lang andauernden gastralen Atonie, die mit einem erhöhten Reflux assoziiert ist. Es konnte gezeigt werden, dass bei Patienten, die nasogastral ernährt wurden und bei denen Residualmengen zwischen 150 und 500 ml auftraten, höhere Aspirations- und Pneumonieraten auftraten als bei Patienten mit geringeren Residualmengen. Bei Patienten mit höheren Residualmengen kam es zu längeren Verweildauern auf der Intensivstation und zu höherer Mortalität (Mentec et al., 2001).

Andere Studien zeigten, dass Patienten mit postpylorischer Ernährung seltener Regurgitationen und die damit verbundenen Mikroaspirationen erlitten als gastral ernährte (Heyland et al., 2001).

Insgesamt scheinen Patienten die jejunale Zufuhr von Sondennahrung besser zu vertragen als gastrale Ernährung (Davies et al., 2002).

Um bei Gastroparese und ausbleibendem Therapieerfolg von Gastrokinetika dennoch eine frühe enterale Ernährung ohne die bei höheren Aspiratmengen entstehenden Komplikationen zu ermöglichen, sollte folglich die Anlage einer Jejunalsonde bedacht werden.

2.3 Ernährungssonden

Die Ernährung von Intensivpatienten beeinflusst wesentlich den Verlauf der Erkrankung (Artinian und Krayem, 2006). Aus diesem Grund ist frühe enterale Ernährung eines der Ziele der Intensivtherapie. In den ersten 24 Stunden sollten Patienten im manifesten Schock aufgrund der möglichen Vergrößerung des intestinalen Sauerstoffdefizits keine enterale Ernährung erhalten, danach sollte eine enterale Ernährung begonnen werden (Kreymann et al., 2006). Für Intensivpatienten, bei denen ein oraler Kostaufbau nicht möglich ist, ist die Anlage einer Ernährungssonde unabdingbar. Hierzu werden von den Herstellern verschiedene Sonden angeboten.

Sie unterscheiden sich im Material und in der Anlagetechnik. Der Durchmesser variiert je nach Sondentyp, da dieser von der Anzahl der Lumina abhängig ist.

Die einfachste Form ist die einlumige, nasogastrale Sonde, die als Ablauf- und Ernährungssonde manuell eingeführt wird. Sie ist wegen der einfachen Handhabung weit verbreitet und bedarf keiner weiteren technischen Hilfsmittel.

Die jejunalen Sonden können intraoperativ, endoskopisch, mit Hilfe von Magnetismus oder selbstwandernd eingebracht werden.

Jejunale Sonden, wie z.B. die Freka[®] Trelumina der Firma Fresenius, können intraoperativ oder endoskopisch kontrolliert eingebracht werden. Die Corflo[®] Sonde der Viasys Haelthcare GmbH ist eine bettseitig platzierbare jejunale Sonde, die mit Hilfe eines magnetisierten Mandrins und einem Bildschirm, auf dem der Weg der Sonde beobachtet wird, platziert.

Seit einigen Jahren bieten verschiedene Firmen nasojejunale Ernährungssonden an (z.B. Tiger-Tube[®]-Sonde der Firma Cook und die Bengmark[®]-Sonde der Firma Pfrimmer Nutricia), die ohne technische Hilfsmittel auch bei Darmmotilitätsstörungen enterale Ernährung ermöglichen sollen. Diese Sonden sollen aufgrund ihrer Bauart und mit der vorhandenen Restperistaltik im Magen- und Dünndarmbereich selbstständig vom Magen in jejunale Abschnitte wandern und geringe Dislokationsraten aufweisen.

Für Patienten, die längerfristig ernährt werden müssen, steigt mit nasalen Sonden das Komplikationsrisiko. Es kann beispielsweise zu Drucknekrosen und Ulceration im Ösophagus kommen. Für die Ernährung dieser Patienten gibt es die Möglichkeit der perkutan endoskopisch kontrollierten Gastrostomie (PEG) nach der

Fadendurchzugsmethode. Bei Bedarf kann dann durch die PEG Sonde mittels Faszange endoskopisch eine weitere Sonde über den Pylorus ins Jejunum vorgebracht werden.

Der Einsatz der verschiedenen Sondentypen ist nach technischem Aufwand bei der Anlage und je nach dem Zugangsort mit unterschiedlichen Schwierigkeiten verbunden. Aufgrund der erhöhten Aspirationsgefahr ist die nasogastrale Sonde bei Darmatonie, die bei intensivpflichtigen Patienten oft vorliegt, nur bedingt einsetzbar. Außerdem kann es bei den notwendigen Kontrollen der Residualmenge zu Schleimhautläsionen kommen. Demgegenüber erlaubt eine dreilumige jejunale Sonde ungeachtet des Nachteils, dass der Durchmesser größer ist, über das jejunal gelegene Lumen auch bei Magendarmatonie eine frühzeitige enterale Ernährung. Die zwei weiteren Lumina liegen gastral, wobei über das eine das Absaugen einer möglichen Residualmenge möglich ist und das andere Lumen die Entstehung eines Unterdrucks im Magen verhindert.

Die Anlage mehrlumiger Sonden ist abgesehen von bereits intraoperativ gelegten Ernährungssonden im Vergleich zur einlumigen nasogastralen Sonde mit erhöhtem personellen Aufwand verbunden.

Dies liegt daran, dass sowohl ein Gastroskop als auch Personal vorhanden sein muss, das die Sonde mit dem Gerät einbringen kann. Diese Bedingungen sind nicht überall gegeben. Außerdem sind bei der Gastroskopie Komplikationen wie Blutungen, Infektionen und Organschäden möglich. Dies gilt besonders für die invasive Form der Anlage mittels PEG. Hinzu kommt die Gefahr der Dislokation der Sonde.

2.4 Fragestellung

In dieser Studie wurde der Einsatz zweier selbstwandernder Ernährungssonden an operativen Intensivpatienten untersucht. Dabei sollte geklärt werden, welche Zeitdauer für die erfolgreiche Platzierung jeweils benötigt wird. In diesem Zusammenhang sollte zudem für enterale Ernährung die Zeitspanne bis zum Erreichen der individuell ausreichenden Energiezufuhr untersucht werden.

Grundsätzlich sollte geklärt werden, ob die gewählten Nasojejunalsonden tatsächlich ohne technische Hilfsmittel bei Patienten mit Darmmotilitätsstörungen platziert werden können, Komplikationen auftreten und ob sie geeignet sind, die enterale Ernährung dieser Patienten zu gewährleisten.

3. Methodik

3.1 Patientenauswahl und Einschlusskriterien

Diese Observationsstudie mit kontrolliertem prospektiven Design wurde der Ethik-Kommission der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zur Begutachtung vorgelegt und genehmigt (AZ.: A 116/05). Die Studie wurde im Westküstenklinikum Heide auf der operativen Intensivstation der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin von April 2005 bis Ende März 2006 durchgeführt.

Nach ausführlicher mündlicher und schriftlicher Aufklärung der Patienten oder deren rechtlicher Vertreter und deren schriftlichem Einverständnis wurden diejenigen Patienten in die Studie einbezogen, die 24 Stunden nach Aufnahme auf die Intensivstation zur frühenteralen Ernährung eine Magensonde erhalten hatten, und bei denen voraussichtlich innerhalb von 3 Tagen keine vollständige enterale Ernährung zu erreichen war.

Ausgeschlossen wurden Patienten, die minderjährig oder schwanger waren; ebenso solche, bei denen eine Kontraindikation für enterale Ernährung bestand.

Die kontinuierliche Ernährung wurde über die Magensonde mit 10 ml/h (dabei entsprach 1ml Sondenkost einer Kilokalorie) begonnen.

Alle vier Stunden wurde der Nahrungstransport durch Aspiration untersucht und anschließend das Aspirat verworfen. Bei gemessenen Mageninhalten unter 100 ml wurde die Sondenkostzufuhr um 10 ml/h gesteigert; bei Aspiratmengen zwischen 100 ml und 200 ml wurde die aktuelle Laufrate beibehalten; bei Mengen über 200 ml wurde auf die vorherige Laufmengenstufe reduziert.

Die Anlage einer selbstwandernden nasojejunalen Ernährungssonde erfolgte, wenn trotz Oberkörperhochlagerung und Prokinetikagabe die Aspiratmenge größer als 200 ml war.

Dieses Vorgehen entspricht der Standardarbeitsanweisung "enterale Ernährung und Reflux" (Standard Operating Procedure [SOP]) des Westküstenklinikums Heide und wird in Abbildung 7 verdeutlicht.

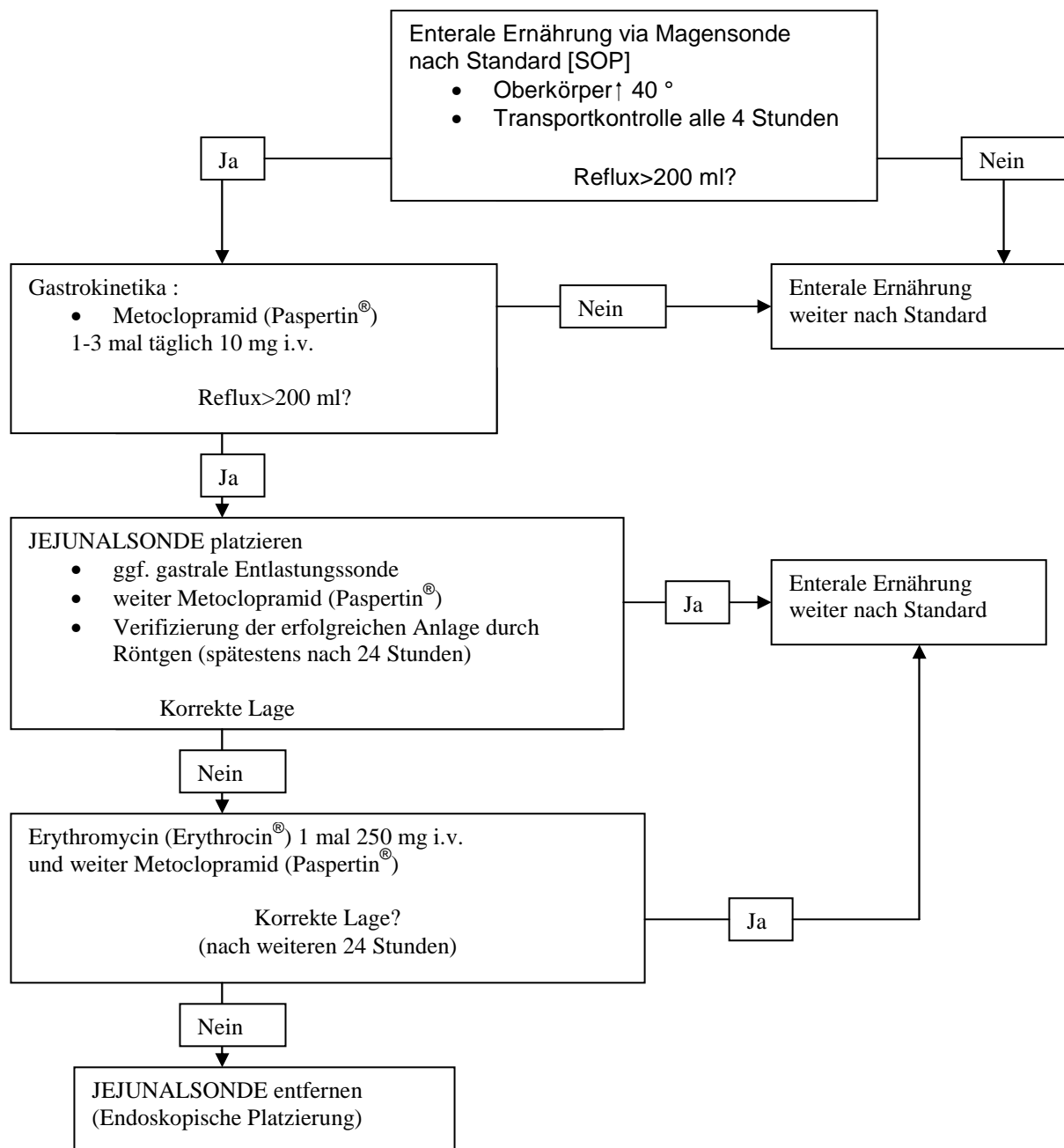


Abbildung 7: Enterale Ernährung und Reflux. Mit der Standardarbeitsanweisung "enterale Ernährung und Reflux" (Standard Operating Procedure [SOP]) des Westküstenklinikums Heide ist der Ablauf von der Anlage einer nasogastralen Ernährungssonde bis zur Empfehlung der Anlage einer jejunalen Ernährungssonde bei erhöhten Aspiratmengen trotz Gabe von Metoclopramid und 30° Oberkörperhochlagerung geregelt. Ist die jejunale Ernährungssonde korrekt platziert, ist eine Ernährung nach Standard möglich. Lässt sie sich trotz Metoclopramid und Erythromycin nicht innerhalb von 48 Stunden korrekt platzieren, sollte die Jejunalsonde entfernt und ggf. endoskopisch platziert werden.

Nach dem Zufallsprinzip wurden die Patienten im Losverfahren zwei Untersuchungsgruppen zugeordnet. Die Patienten der einen Gruppe erhielten die Tiger-Tube[®]-Sonde von Cook (Bjaeverskov, Dänemark), die der anderen die Bengmark[®]-Sonde der Firma Pfrimmer Nutricia (Erlangen, Deutschland). Die korrekte Lage wurde radiologisch überprüft. Wenn nach 24 h trotz wiederholter Gabe von Metoclopramid die Sonde nicht korrekt lag, wurde Erythromycin intravenös verabreicht. Bei korrekter Lage der Sonde wurde der Patient nach dem oben beschriebenen Standard ernährt. War sie nach insgesamt 48 Stunden nicht richtig platziert, wurde die Sonde entfernt und der Patient aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Daten wie Alter, Geschlecht, Diagnosen, zur Analgosedierung und zum Katecholaminbedarf, sowie das Auftreten von Komplikationen wurden in beiden Gruppen erfasst und anonymisiert ausgewertet.

3.2 Scoresysteme zur Beurteilung der Erkrankungsschwere

Die Schwere der Erkrankung wurde zunächst mittels SAPS II (Simplified Acute Physiology Score) innerhalb der ersten 24h nach Aufnahme bestimmt. Im weiteren Verlauf wurde zur Beurteilung der Entwicklung der Erkrankungsschwere der SOFA (Sequential Organ Failure Assessment) Score verwendet.

Der SAPS II Score wurde von Le Gall und Mitarbeitern (1993) entwickelt und basiert auf einer europäisch-nordamerikanischen Multicenterstudie mit 13000 Patienten aus 12 Ländern.

Wie aus den Tabellen 2a-c ersichtlich, gehen in diesen Score die Parameter Herzfrequenz, systolischer Blutdruck, Körpertemperatur, PaO₂/FIO₂-Quotient, Urinausscheidung, Harnstoff, Leukozyten, Kalium, Natrium, Bikarbonat, Bilirubin ein.

Außerdem werden die Glasgow Coma Scale, die Art der Aufnahme (internistisch, geplant oder ungeplant chirurgisch), das Alter und die zugrunde liegende Krankheit (metastasierende Neoplasie, hämatologische maligne Erkrankung, AIDS) berücksichtigt.

Tabelle 2a: SAPS II Score (Le Gall et al., 1993). Zur Ermittlung der Erkrankungsschwere wird innerhalb der ersten 24h nach Aufnahme auf die Intensivstation mittels eines Punktescores, dem SAPS II (Simplified Acute Physiology Score), bestimmt. Der Score besteht aus drei Teilen, deren jeweils ermittelte Punktzahlen addiert werden. Es wird der Messwert der Variablen verwendet, der die höchste Punktzahl für die Scoreberechnung ergibt. Die Höhe des Scores korreliert mit der Wahrscheinlichkeit zu versterben. Die Punktebestimmung erfolgt unter Berücksichtigung der Herzfrequenz, des systolischen Blutdrucks, der Körpertemperatur, des PaO₂/FIO₂-Quotienten, der Urinausscheidung, des Harnstoffs, der Leukozyten, sowie des Kaliums, Natriums, Bikarbonats und Bilirubins im Blut.

Variablen	Punkte												
	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13
Herzfrequenz [min ⁻¹]	70-119		40-69		120-159			≥160			<40		
Systolischer Blutdruck [mmHg]	100-199		≥200			70-99							<70
Körpertemperatur [°C]	<39			≥39									
PaO ₂ /FIO ₂ * [mmHg]							≥200		100-199		<100		
Ausfuhr Urin [l·d ⁻¹]	≥1,0				0,5-0,999						<0,5		
Harnstoff im Serum [g·l ⁻¹]	>0,6						0,6-1,79			>1,8			
Leukozyten [10 ³ ·mm ⁻³]	1,0-19,9			≥20								<1,0	
Kalium i.S. [mmol·l ⁻¹]	3,0-4,9			≥5,0<3,0									
Natrium i.S. [mmol·l ⁻¹]	125-144	≥145				>125							
Bikarbonat i.S. [mmol·l ⁻¹]	≥20			15-19			<15						
Bilirubin i.S. [mg·dl ⁻¹]	<4,0				4,0-5,9				≥6,0				

*Erhebung nur im Falle der maschinellen Beatmung oder der kontinuierlichen Messung des pulmonalarteriellen Druckes

Tabelle 2b: SAPS II Score. Im zweiten Schritt erfolgt die Punktvergabe unter Berücksichtigung der Art der Aufnahme (internistisch, geplant oder ungeplant chirurgisch) und der zugrunde liegenden Krankheit: metastasierende Neoplasie, hämatologische maligne Erkrankung, AIDS, wobei ein nicht geplanter chirurgischer Eingriff gegenüber einem geplanten chirurgischen Eingriff eine höhere Punktezahl hat und somit zu einem höheren Gesamtscore beiträgt, da er mit einer höheren Wahrscheinlichkeit zu versterben verbunden ist.

Punkte						
Variablen	0	6	8	9	10	17
Chronische Leiden				metastasierende Neoplasie	hämatologische Neoplasie	AIDS*
Aufnahme-Status**	geplant chirurgisch	medizinisch	nicht-geplant chirurgisch			

*Wertung bei positivem HIV-Test und entsprechenden klinischen Komplikationen;
 **geplant chirurgisch: Operationstermin mindestens 24 Stunden vorher geplant;
 nichtgeplant chirurgisch: Operationstermin erst in den letzten 24 Stunden geplant;
 medizinisch: mindestens eine Woche lang nicht operiert

Tabelle 2c: SAPS II Score. Im letzten Teil der Erfassung der Erkrankungsschwere erfolgt die Punktevergabe unter Berücksichtigung des Alters, wobei die Höhe der vergebenen Punkte mit dem Alter der Patienten ansteigt. Damit wird berücksichtigt, dass ein höheres Alter mit einer höheren Wahrscheinlichkeit zu versterben einhergeht.

Punkte									
Variablen	0	5	7	12	13	15	16	18	26
Alter des Patienten	<40		40-59	60-69		70-74	75-79	≥80	

Dieser Score wird innerhalb des ersten 24 Stunden-Intervalls nach Aufnahme durch Erfassung der o.g. Variablen ermittelt, wobei jeweils der Messwert verwendet wird, der die höchste Punktzahl für die Scoreberechnung ergibt.

Die Höhe des Scores korreliert mit der Wahrscheinlichkeit zu versterben (Agha et al., 2002; Gogos et al., 2003; Le Gall et al., 1995).

Der SOFA-Score dient der Verlaufsbeobachtung der Organfunktionen und berücksichtigt die Respiration, die Gerinnung, die Leberfunktion, Herzkreislauffunktion und die Nierenfunktion. Er dient auch der Beobachtung des zentralen Nervensystems und wird täglich erhoben. Der Score wurde von der Europäischen Intensivmedizinischen Gesellschaft (Vincent et al., 1996) entwickelt und 1998 modifiziert. Es werden je nach Schweregrad der Organdysfunktion 0-4 Punkte mit einer maximalen Punktschwere von

24 vergeben. Der Schweregrad der Erkrankung korreliert mit der Höhe des SOFA-Scores (Ferreira et al., 2001; Moreno et al., 1999; Vincent et al., 1998).

Tabelle 3: SOFA-Score (Vincent et al., 1998). Zur Beurteilung der Entwicklung der Erkrankungsschwere auf der Intensivstation wird der SOFA (Sequential Organ Failure Assessment) Score verwendet. Er dient der Verlaufsbeobachtung der Organfunktionen und berücksichtigt die Respiration, die Gerinnung, die Leberfunktion, Herzkreislauffunktion und die Nierenfunktion. Er dient auch der Beobachtung des zentralen Nervensystems und wird täglich erhoben. Es werden je nach Schweregrad der Organdysfunktion 0 - 4 Punkte mit einer maximalen Punktschätzung von 24 vergeben. Der Schweregrad der Erkrankung korreliert mit der Höhe des SOFA – Scores.

Variablen	Punkte				
	0	1	2	3	4
Atmung: PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)*	>400	≤400	≤300	≤200 mit Beatmung	≤100 mit Beatmung
Blutgerinnung: Thrombozyten (•10 ³ /mm ³)	>150	≤150	≤100	≤50	≤20
Leber: Bilirubin i.S. mg•dl ⁻¹ (μmol•l ⁻¹)	<1,2 (<20)	1,2–1,9 (20–32)	2,0–5,9 (33–101)	6,0–11,9 (102–204)	>12,0 (>204)
Kreislauffunktion: Medikamente (μg•kg ⁻¹ •Kg•min ⁻¹ für mind. 1 h/d)	keine Hypotonie keine	MAD** <70 mmHg keine	— Dopamin ≤ 5 oder Dobutamin (jede Dosierung)	— Dopamin > 5 oder Adrenalin ≤ 0,1 oder Noradrenalin ≤ 0,1	— Dopamin >15 oder Adrenalin > 0,1 oder Noradrenalin >0,1
Zentrales Nervensystem: Glasgow Coma Scale	15	13–14	10–12	6–9	<6
Niere: Kreatinin mg•dl ⁻¹ (μmol•l ⁻¹) oder Urinmenge ml/d	<1,2 (<110) —	1,2–1,9 (110–170) —	2,0 – 3,4 (171 – 299) —	3,5-4,9 (300-440) oder < 500	> 5 (> 440) oder < 200

*PaO₂/FiO₂, Oxygenierungsquotient; ** MAD, mittlerer arterieller Blutdruck

Um den individuellen Schweregrad von Bewusstseinsstörungen zu klassifizieren, wird die Glasgow Coma Scale nach Teasdale und Jennett (1974) angewendet, die als arithmetisches Scoring-System auf drei Kriterien basiert.

Tabelle 4: Glasgow Coma Scale (Teasdale et al., 1974). Sie wird im SOFA - Score zur Beobachtung des zentralen Nervensystems durch Bewertung des Bewusstseinsgrades angewendet. In diesem Scoring-System werden die Reaktionen: Augen öffnen, verbale Reaktionen und motorische Reaktion beurteilt und in Abhängigkeit von der Qualität der Reaktion mit Punktzahlen erfasst. Die höchste Punktzahl wird erreicht, wenn keine Bewusstseinsstörung vorliegt.

	Punkte					
Reaktionen	6	5	4	3	2	1
Augen öffnen	---	---	spontan	auf Aufforderung	auf Schmerzreiz	keine
verbale Reaktionen		orientiert	verwirrt	inadäquat	unverständlich	keine
motorische Reaktionen	gezielt bei Aufforderung	gezielt bei Schmerzreiz	ungezielt bei Schmerzreiz	Beugemechanismen	Streckmechanismen	keine

3.3 Auswahl der Sondentypen

In dieser Untersuchung werden zwei selbstwandernde, jejunale Ernährungssonden miteinander verglichen, für die damit geworben wird, dass sie sich durch vorhandene Restperistaltik selbstständig korrekt positionieren. Sie werden hinsichtlich der Dauer bis zur erfolgreichen Platzierung, beziehungsweise bis zum Erreichen der kompletten enteralen Ernährung und eventuell auftretender Komplikationen untersucht.

Es handelt sich um die Sonden der Firmen COOK und Pfrimmer Nutricia. Die zu vergleichenden Sonden sollen bettseitig nichtinvasiv durch die Restperistaltik des Magendarmtraktes durch den Magen hindurch im Jejunum platziert werden. Dies soll trotz der bei kritisch kranken Patienten mit paralytischem Ileus zu erwartenden geringen Restperistaltik erreicht werden. Nach erfolgreicher Anlage liegt die Spitze der Sonde jenseits des Treitschen Bandes und ermöglicht so die jejunale Ernährung. Die Bengmark®-Sonde von Pfrimmer Nutricia hat einen Ernährungskonnektor, besteht aus röntgenfähigem Polyurethanmaterial. Die im Durchmesser 10 Charriere (1 Charriere = 1

French = 1/3 mm) messende Sonde endet distal in einer 23 cm langen Spirale mit einer geschlossenen, abgerundeten Spitze. Laut Hersteller stehen zwei Wirkmechanismen zur Verfügung: Zum einen soll sie nach der Platzierung im Magen ein gut transportfähiges Bündel bilden und bei ausreichender Magenmotilität spontan über den Pylorus ins Duodenum und weiter bis distal des Treitschen Bandes transportiert werden. Zum anderen wird die Spirale durch die Darmperistaltik auseinander gezogen und legt sich der Darmwand an. Die gespreizte Spirale soll so die Dislokation zurück in den Magen verhindern.

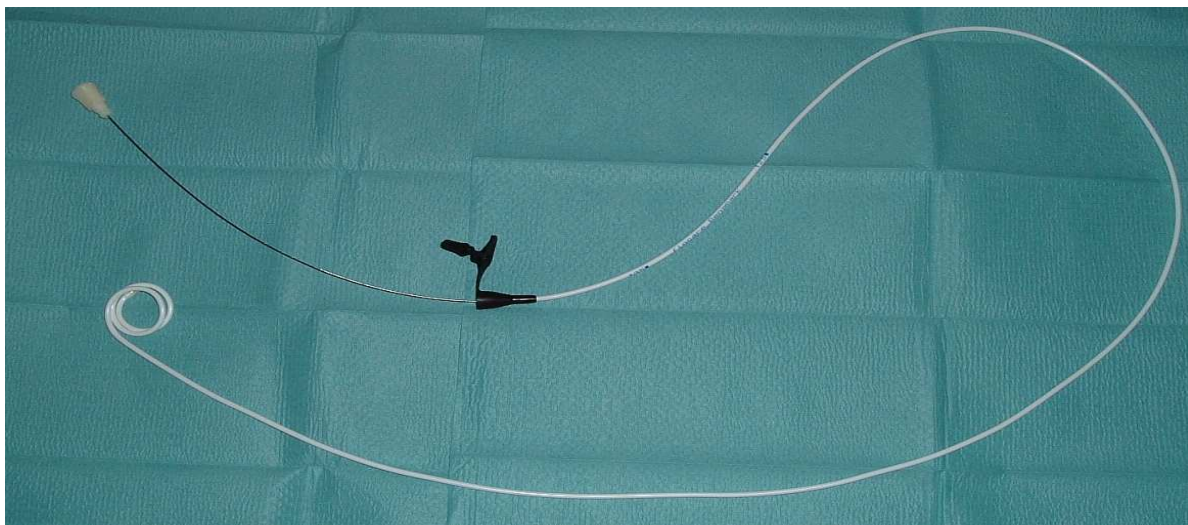


Abbildung 8: Die Bengmark®-Sonde von Pfrimmer Nutricia. Am distalen Ende der Sonde ist die Spirale zu sehen, die mit dem Mandrin am anderen Ende der Sonde zum Einführen gestreckt werden kann.

Zur Platzierung wird die Bengmark®-Sonde durch Einführung des beige packten Mandrins gestreckt. Anschließend wird die Sondenspitze mit Wasser befeuchtet und so eine Gleitbeschichtung aktiviert. Die Sonde wird in der erforderlichen Länge (zuzüglich 23 cm für die Spirale) in den Magen vorgeschoben. Nach Entfernung des Mandrins rollt sich die Spirale im Magen auf. Die Sonde wandert dann bei ausreichender Magenmotilität über den Pylorus bis in das Jejunum.



Abbildung 9: Die **Bengmark®-Sonde** von Pfrimmer Nutricia in korrekter Lage in der radiologischen Kontrolle.

Die **Tiger-Tube®**-Sonde der Firma **COOK** ist eine 155 cm lange, transnasale Ernährungssonde aus Polyvinylchlorid, mit einem Durchmesser von 14 French und distalen seitlichen Löchern für den Durchtritt von Nahrung und Medikamenten. Im Bereich der von der Spitze aus gesehenen ersten 55 Zentimeter sind im Abstand von 2 cm im Wechsel seitliche Laschen, so genannte "Flaps", angeordnet. Die Sonde hat eine abgeschlossene, abgerundete Spitze und einen Zentimeter von dieser entfernt vier zirkulär angeordnete "Flaps". Diese "Flaps" sollen das selbstständige Vorwandern aufgrund der Magenmotilität bewirken und nach Erreichen der korrekten Lage durch Anhaften an der Darmwand die mögliche Dislokation in den Magen verhindern.



Abbildung 10: Spitze der **Tiger-Tube®-Sonde von COOK** in Nahaufnahme. Die seitlichen Laschen, die so genannten "Flaps", sowie die seitlichen Löcher für den Durchtritt der Nahrung sind deutlich zu erkennen.

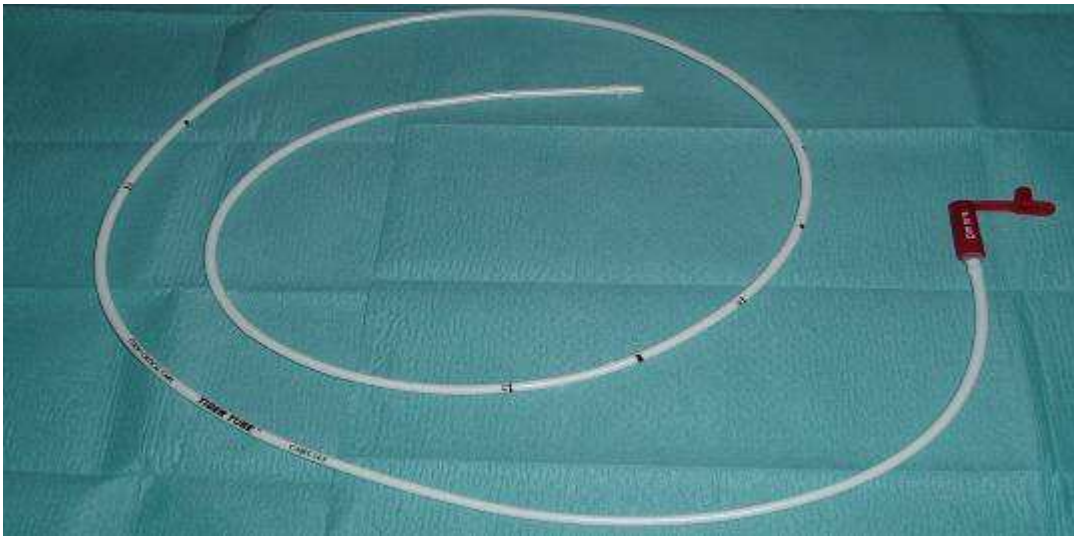


Abbildung 11: Tiger-Tube®-Sonde von COOK. In der Gesamtaufnahme der jejunalen Ernährungssonde wird die geringe Größe der "Flaps" deutlich.

Die Sonde hat ebenfalls einen Ernährungskonnektor und besteht aus röntgenfähigem Material. Zur Platzierung der Sonde wird auf ihre Oberfläche ein Gleitgel aufgebracht. Die Sonde wird über die Nase je nach anatomischen Verhältnissen ca. 50-70 cm bis in den Magen vorgeschoben. Die Sonde kann durch einen Mandrin stabilisiert werden. Anschließend erfolgt die auskultatorische Lagekontrolle. Danach wird die Sonde für ca. 30 – 60 Minuten unberührt belassen, um beim weiteren Vorgehen die Magenmotilität des Patienten berücksichtigen zu können. Liegt eine ausreichende Magenmotilität vor, wird die Sonde anschließend alle 30-60 Minuten um 10 cm vorgeschoben bis die 100 cm Markierung erreicht ist. Bei reduzierter Motilität wird die Sonde alle zwei Stunden um 10 cm vorgeschoben. Bei stark reduzierter Motilität wird die Sonde alle zwei Stunden um 5 cm vorgeschoben. Wenn die 100 cm Markierung erreicht ist, sollte die Sonde im Jejunum liegen.

Aufgrund einer inkorrekten Produktklassifikation der Tiger-Tube®-Sonde von Cook Europa wurde diese im März 2006 vom Markt genommen, weshalb die Studie abgebrochen werden musste. Laut Angaben von Cook wird die Sonde im Laufe des Jahres 2008 nach erfolgter CE-Kennung in Europa wieder erhältlich sein.

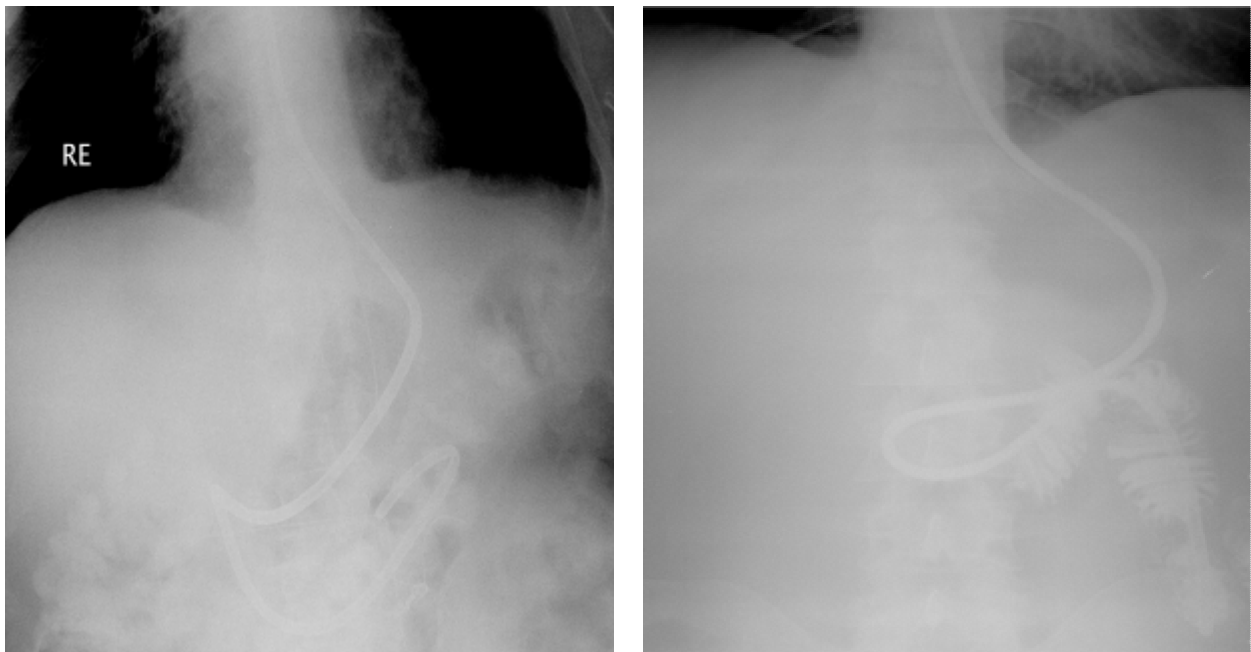


Abbildung 12: Tiger-Tube®-Sonde von COOK in korrekter Lage in der radiologischen Kontrolle.

3.4 Statistik

Die deskriptive Statistik erfolgt mit Median und Spannweite. Zur statistischen Überprüfung der Verteilung von Geschlecht und Prognose wird der Chi-Quadrat-Test verwendet. Dieser gehört zu den Signifikanztests und wird zur Überprüfung einer statistischen Hypothese über eine unbekannte Häufigkeitsverteilung eingesetzt. Bei einem p-Wert kleiner als 0,05 werden Unterschiede als signifikant bezeichnet. Die vergleichende Statistik erfolgt mittels Wilcoxon-Mann Rangsummentest, der ein äquivalenter Test zum Mann-Whitney-U Test ist (Wilcoxon-Mann-Whitney-U Test). Mit diesem nichtparametrischen Verfahren werden die Mediane zweier unabhängiger Zufallsgrößen verglichen. Der Rangsummentest basiert statt auf den Original-Messwerten auf den Rangwerten der Daten. Er prüft letztlich, ob die Zahl der Beobachtungen, die kleiner (oder größer) als der gemeinsame Median beider Variablen sind, in den beiden Gruppen verschieden ist.

4. Ergebnisse

4.1 Demographische Ergebnisse

In diese Untersuchung wurden 28 kritisch kranke, intensivpflichtige Patienten eingeschlossen. Dabei handelte es sich um 5 Polytraumata, 6 Schädel-Hirn-Traumata, 7 Patienten mit intrakraniellen Blutungen, 4 Hirntumor- und 6 Darmtumor- operierte Patienten. Die Verteilung der Diagnosen innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen ist vergleichbar ($p>0,05$).

Tabelle 5: Häufigkeit der Diagnosen innerhalb der Untersuchungsgruppen. In diese Untersuchung wurden 28 kritisch kranke, intensivpflichtige Patienten eingeschlossen. Die Verteilung der Diagnosen innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen ist vergleichbar ($p>0,05$).

Diagnosen	Tiger-Tube [®] -Sonde	Bengmark [®] -Sonde
Polytrauma	3	2
Schädel-Hirn-Trauma	4	2
Intrakranielle Blutungen	3	4
Hirntumoroperationen	3	1
Darmtumoroperationen	3	3

Es wurden 15 Männer und 13 Frauen in die Studie eingeschlossen. Die Untersuchungsgruppen unterschieden sich nicht hinsichtlich der Geschlechtsverteilung. Das Alter der untersuchten Patienten lag im Median in der Gruppe mit der Tiger Tube[®] (TTG) bei 58,5 Jahren mit einer Spannweite von 24 bis 89 Jahren. In der Gruppe mit der Bengmark[®]-Sonde lag der Median bei 68 Jahren mit einer Spannweite von 43 bis 83 Jahren. Im Vergleich der beiden Gruppen wurde kein signifikanter Unterschied ermittelt ($p> 0,05$). Der Median des SAPS II Score lag bei 11 Punkten mit einer Spannweite zwischen 8 und 18 Punkten in der TTG und in der anderen Gruppe bei 10 Punkten mit einer Spannweite zwischen 7 und 17 Punkten. Der SOFA- Score der TTG lag zwischen 2 und 11 Punkten mit einem Median von 8,5 Punkten. In der Gruppe mit der Bengmark[®]-Sonde (BMG) lag der SOFA-Score zwischen 2 und 11 Punkten mit einem

Median von 7,5 Punkten. Die Patientengruppen unterschieden sich in Bezug auf die ermittelten Punktzahlen für beide Scoresysteme nicht signifikant ($p > 0,05$).

Tabelle 6: Demographische Daten. Angegeben sind jeweils Median und (Spannweite) oder die Patientenanzahl (n) für: SPAS II, Simplified Acute Physiology Score II; SOFA, Sequential Organ Failure Assessment Score. Weiter wurden Alter und Geschlecht verglichen. Im Vergleich der beiden Gruppen wurde kein signifikanter Unterschied ermittelt ($p > 0,05$).

Daten	Tiger-Tube®-Sonde	Bengmark®-Sonde	p-Wert
n	16	12	—
Alter (Jahre)	58,5 (24-89)	68 (43-83)	$>0,05$
Geschlecht			$>0,05$
weiblich	7	6	
männlich	9	6	
SAPS II	11 (8-18)	10 (7-17)	$>0,05$
SOFA _{max}	8,5 (2-11)	7,5 (2-11)	$>0,05$

4.2 Ergebnisse zur Sondenlage

Tabelle 7 zeigt, dass die Tiger-Tube®-Sonde signifikant häufiger erfolgreich platziert werden konnte als die Bengmark®-Sonde. Dabei war die Platzierungsdauer bis zur korrekten Lage in beiden Gruppen vergleichbar. Dies gilt auch für die Liegedauer der beiden Ernährungssonden und den Zeitraum bis zur kompletten enteralen Ernährung.

Tabelle 7: Ergebnisse des Sondenvergleichs. Angegeben sind jeweils Median und (Spannweite) oder n für die Anzahl der platzierten Sonden, die Platzierungsdauer bis zur korrekten Lage, die Liegedauer und der Zeitraum bis zur kompletten enteralen Ernährung. Bis auf die signifikant häufiger erfolgreich platzierte Tiger-Tube® -Sonde waren die beiden Gruppen vergleichbar.

Kriterien	Tiger-Tube®-Sonde	Bengmark®-Sonde	p-Wert
n (gesamt)	16	12	—
n (erfolgreich)	14	2	$< 0,05$
Platzierungsdauer [h]	18,5 (2-68)	36,5 (28-45)	0,15
Liegedauer [Tage]	16 (8-28)	10,5 (9-12)	0,3
Dauer bis zur kompletten EE* [Tage]	6 (4-12)	4 (4-4)	$> 0,05$

* EE, enterale Ernährung

4.3 Beeinflussende Faktoren der Sondenplatzierung

Die verwendeten Katecholamine waren Dobutamin und Noradrenalin. Wurden einem Patienten keine Katecholamine verabreicht, wurde diese Gabe mit "0" $\mu\text{g/kg/min}$ berücksichtigt.

Tabelle 8: Katecholaminbedarf. Angegeben ist der jeweilige Median und (Spannweite) oder n für die Anzahl der mit Sonden versorgten Patienten. Die verwendeten Katecholamine waren Dobutamin und Noradrenalin. Im Vergleich der beiden Gruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied.

Katecholamine	Tiger-Tube®-Sonde	Bengmark®-Sonde	p-Wert
n	16	12	—
Dobutamin ($\mu\text{g/kg/min}$)	0 (0-10)	0 (0-17,6)	>0,05
Noradrenalin ($\mu\text{g/kg/min}$)	0 (0-0,25)	0 (0-0,1)	>0,05

Im Vergleich der beiden Gruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied, weder in Bezug auf den Dobutamin- noch für den Noradrenalinbedarf ($p>0,05$).

Zusätzlich wurde der Analgosedativabedarf der Patienten erfasst und zwischen den Gruppen verglichen.

Tabelle 9: Analgosedativabedarf. Angegeben ist der jeweilige Median und (Spannweite) oder n für die Anzahl der mit Sonden versorgten Patienten. Im Vergleich der beiden Gruppen fand sich für keines der untersuchten Medikamente (Sufentanyl, Midazolam, Clonidin) ein signifikanter Unterschied.

Katecholamine	Tiger-Tube®-Sonde	Bengmark®-Sonde	p-Wert
n	16	12	—
Sufentanyl ($\mu\text{g/h}$)	50 (10-100)	20 (10-100)	>0,05
Midazolam (mg/h)	4,5 (0-15)	3,5 (0-12)	>0,05
Clonidin ($\mu\text{g/h}$)	15 (0-100)	25 (0-80)	>0,05

Insgesamt fand sich für keines der untersuchten Medikamente zur Analgosedierung ein signifikanter Unterschied im Vergleich der beiden Gruppen. Die jeweiligen p-Werte lagen für Sufentanyl, Midazolam und für Clonidin über 0,05.

4.4 Komplikationen

Während der Anlage der Tiger-Tube[®]-Sonde kam es einmalig zu einem ausgeprägten Würgegefühl. Bei zwei weiteren Patienten wurde beim Entfernen der Sonde Nasenbluten ausgelöst und bei einem als Salmonellen-Dauerausscheider bekannten Patienten wurden Salmonellen in der Blutkultur nachgewiesen, nachdem die Sonde gezogen worden war.

In der Bengmark[®]-Sonden -Gruppe kam es zu keinen Komplikationen.

5. Diskussion

5.1 Enterale Ernährung in der Intensivmedizin

Der Ernährungs- und Stoffwechselzustand des Intensivpatienten beeinflusst wesentlich den Verlauf seiner Erkrankung. Fehlernährung und Hypermetabolismus verschlechtern die Prognose und tragen zu erhöhter Sterblichkeit bei (Abdulla, 2001).

Die Entleerungszeit des Magens liegt physiologisch zwischen einer und drei Stunden. Der Dünndarm wird von der Nahrung innerhalb von sieben bis neun Stunden passiert. Diese Zeiten können interindividuell und intraindividuell variabel sein und hängen zudem von der Nahrungszusammensetzung ab (Silbernagel und Silbernagel, 1994).

Bei intensivpflichtigen schwerkranken Patienten besteht postoperativ, traumatisch oder durch Sepsis bedingt häufig eine Magen-Darm-Atonie bis hin zu einem paralytischen Ileus, wobei die gastrointestinalen Abschnitte über unterschiedliche Zeitspannen und in unterschiedlicher Intensität betroffen sein können.

Es konnte gezeigt werden, dass ein großes Magenaspiratvolumen als früher Marker für eine Magen-Darm-Atonie anzusehen und mit erhöhter Mortalität assoziiert ist (Mentec et al., 2001).

Die gastrale Parese liegt zwischen 24 und 48 Stunden, während die Dünndarmatonie bis zu 24 Stunden und die des Dickdarms 3 bis 5 Tage bestehen kann (Haug et al., 2004).

Der Pathomechanismus ist nicht vollständig geklärt. Sicher ist, dass der gesteigerte Sympathikotonus mit Aktivierung von hemmenden, nichtcholinergen Neuronen eine Rolle spielt (Dubois et al., 1974). Des Weiteren führt die Aktivierung mukosaler Makrophagen mit einer zytokinvermittelten Einwanderung immunkompetenter Zellen und lokaler inflammatorischer Reaktionen zu einer Aktivitätsminderung der glatten Muskulatur.

Im Tiermodell zeigt die Blockade der Neutrophileneinwanderung mithilfe von Rezeptorantikörpern eine verminderte entzündliche Reaktion der Darmmukosa und gesteigerte Aktivität der glatten Muskulatur (Kalff et al., 1999; Winter, 2003).

Die verminderte Darmmotilität hat für den Gesamtorganismus erhebliche Auswirkungen. Sie kann eine Zunahme der Permeabilität der Darmmukosa zur Folge haben. Zusätzlich kann es im Schock zur Minderperfusion des Splanchnikusgebietes kommen, wodurch die Permeabilität der Darmmukosa gleichfalls gesteigert werden kann (Bailey et al., 2000; Reilly et al., 2001; Toung et al., 2000).

Stickstoffmonoxid (NO), Adenosin und Prostazyklin als vasodilatative Substanzen im Ungleichgewicht zum vasokonstriktiven Angiotensin II scheinen eine verminderte kapilläre Perfusion mit Störung der Mikrozirkulation des Darmes zu bewirken (Hutcheson et al., 1990). Dies führt zu einer Verschlechterung der intestinalen Sauerstoffbilanz und zur Permeabilitätsstörung der intestinalen Barriere.

Die Translokation von Bakterien oder deren Bestandteilen wird begünstigt und kann zur Entstehung einer Sepsis bis hin zum Multiorganversagen führen.

In Kenntnis der Pathophysiologie des Darmes und der Auswirkungen des Ernährungs- und Stoffwechselzustandes von intensivpflichtigen Patienten erscheint die Ernährungsstrategie bei intensivpflichtigen Patienten wichtig. Die Frage, von welcher Ernährungsform — parenterale versus enterale Ernährung — diese Patienten profitieren, wurde in den letzten Jahren vielfach diskutiert.

Eine rein parenterale Ernährung ist im Vergleich zur enteralen Ernährung mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Hyperglykämien, Elektrolytentgleisungen, Leberfunktionsstörungen und einer erhöhten Anzahl ZVK (-zentralvenöser Katheter-) assoziierter Komplikationen verbunden (Bonet et al., 2005).

Artinian und Krayem (2006) haben gezeigt, dass frühe enterale Ernährung die Mortalität bei intensivpflichtigen Kranken senkt. Vielfach kann eine Reduktion der Krankenhausverweildauer erreicht werden (Marik et al., 2001). Aus diesem Grund gilt die frühe enterale Nahrungszufuhr bei Intensivpatienten, die nicht innerhalb von drei Tagen in der Lage sind, peroral ausreichend Kalorien aufzunehmen, über Ernährungssonden als Ernährungsform der Wahl (Kreymann et al., 2006). Um eine Mangelernährung durch länger bestehende Darmatonie (Montejo, 1999) zu vermeiden, scheint es sinnvoll zu sein, den Energie- und Flüssigkeitsbedarf täglich erneut zu bestimmen und ein mögliches Defizit parenteral auszugleichen (Heyland, 2003).

Eine zusätzliche Anreicherung mit Ernährungssubstraten (z.B. mit Glutamin) scheint die Darmmucosa zu stabilisieren (Aydin et al., 2005; Buchman et al., 1995; Zulfikaroglu et al., 2003). Glutamin dient zum einen als Energiequelle und zum anderen ist es Vorläufersubstanz für Glutathion, das antioxidativ wirkt und damit Komplikationen verhindern und die Krankenhausverweildauer reduzieren kann (Heller und Ragaller, 2008).

Um enterale Ernährung bei intensivpflichtigen Patienten zu ermöglichen, gibt es verschiedene Ansätze zur Überwindung der Darmmotilitätsstörung.

Der Einsatz von Prokinetia wie Erythromycin und Metoclopramid ist für die Therapie der Magen-Darm-Atonie eine wesentliche Option (Booth et al., 2002; Landzinski et al., 2008). Auch Cisaprid hat einen positiven Einfluss auf die Magen-Darmaktivität (McLaren, 2000).

Es ist ungeklärt, welche prokinetischen Substanzen und in welcher Dosierung präferiert werden sollten. Metoclopramid und Cisaprid scheinen einen stärkeren Effekt zu haben als Erythromycin, wobei Metoclopramid schneller zum gewünschten Ergebnis führt als Cisaprid (McLaren, 2000). Cisaprid wurde jedoch aufgrund der cardialen Nebenwirkungen in den meisten Ländern vom Markt genommen und steht deshalb in Deutschland nicht mehr als Prokinetikum zur Verfügung (Layton et al., 2003). Keshavarzian und Isaac (1993) zeigten, dass intravenös appliziertes Erythromycin auch verwendet werden kann, um Ernährungssonden in den postpylorischen Bereich vorzubringen. Dies liegt an dem positiven Einfluss bei Gastroparesen, wobei die Substanz bei Dünndarm- und Kolonmotilitätsstörungen kaum wirksam ist. Die Kombination von Metoclopramid und Erythromycin hat deshalb einen größeren Erfolg als Erythromycin allein (Nguyen et al., 2007). Eine potentielle Gefahr beim Einsatz von Erythromycin ist, dass es bei häufiger Verwendung möglicherweise zur Verschärfung der mikrobiologischen Resistenzlage kommen könnte, wobei sich trotz Gabe von 250 mg Erythromycin intravenös in der Studie von Berne et al. (2002) zeigte, dass dies keine Verschlechterung der Resistenzlage des *Streptococcus pneumoniae* hervorrief.

Durch den optimierten Einsatz von Analgosedativa kann die Darmmotilität positiv beeinflusst werden, da postoperativer Schmerz über einen spinalen Reflexbogen

hemmenden Einfluss auf die gastrointestinale Motilität zu haben scheint (Litz et al., 1999).

Eine Therapie mit Ketamin in Kombination mit Propofol oder Midazolam scheint sinnvoll, während opioidbasierte Analgosedierungsregime als intestinale Nebenwirkung die Senkung der Darmmotilität aufweisen können. Dies ist Folge der Wirkung auf die peripheren Opiatrezeptoren an der glatten Muskulatur. Abbildung 13 veranschaulicht, dass Opiate bis zu einem interindividuell unterschiedlichen Punkt eine Verbesserung der Darmmotilität durch Senkung des Schmerzes zu Folge hat. Sie verdeutlicht aber auch, dass höhere Gaben als Folge der Wirkung der Opiate auf die Darmmuskulatur eine Verschlechterung der Motilität bewirkt.

Deshalb sollten Opioide als Analgosedierung möglichst vermieden oder nur in geringen Dosen kontrolliert eingesetzt werden (Herbert, 2001).

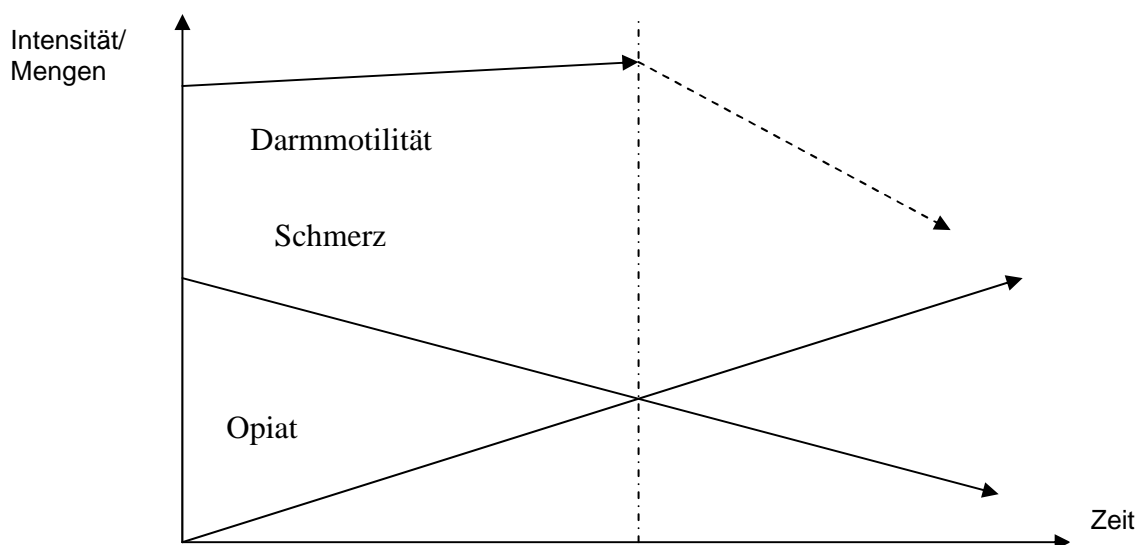


Abbildung 13. Darstellung des Einflusses von Opioiden auf die Darmmotilität. Mit steigender Konzentration der Opiate nimmt die Intensität des Schmerzes ab. Bei schwächerem Schmerzreiz steigt die Darmmotilität. Die senkrecht gestrichelte Linie markiert die Opiatdosis, bei der dieser Effekt als Folge der Nebenwirkungen der Opiate auf die Darmmuskulatur in das Gegenteil umschlägt.

Zusätzlich könnte durch die Verwendung einer thorakalen Epiduralanalgesie eine Verbesserung der Darmaktivität als Folge der damit verbundenen Sympathikolyse erreicht werden (Heller et al., 2000; Litz et al., 1999). (Abbildung 13)

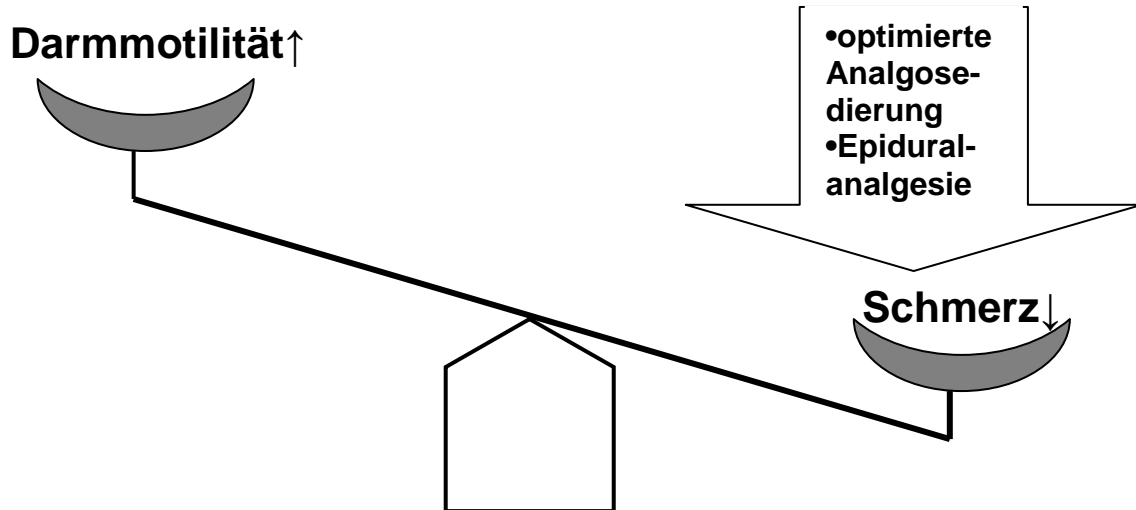


Abbildung 14. Modellhafte Darstellung des Einflusses der Analgosedierung auf die Darmmotilität. Eine optimierte Analgosedierung und die Verwendung einer Epiduralanalgesie wirken schmerzlindernd und bewirken damit sekundär eine Steigerung der Darmmotilität.

Dünndarmabschnitte weisen im Vergleich zum Dickdarm oder Magen kürzere Atoniezeiten auf. Dies erlaubt einen weiteren Therapieansatz, um eine frühenterale Ernährung zu ermöglichen: den Einsatz nasojejunaler Sonden. Mit ihnen soll eine direkte jejunale Ernährung erreicht werden.

Er scheint auch deshalb vorteilhaft zu sein, weil eine postpylorische Ernährung seltener Regurgitationen hervorruft und die damit verbundenen Mikroaspirationen seltener auftreten als bei nasogastraler Ernährung (Heyland et al., 2001).

Mentec et al. (2001) konnten zeigen, dass bei Patienten, die nasogastral ernährt wurden und bei denen Residualmengen zwischen 150 – 500 ml auftraten, höhere Aspirations- und Pneumonieraten auftraten als bei Patienten der Vergleichsgruppe mit nasojejunalen Sonden. Zudem ging die Verwendung nasojejunaler Sonden mit einer geringeren Sterblichkeit und einer kürzeren Verweildauer auf der Intensivstation einher. Damit scheint die geforderte frühe enterale Ernährung über nasojejunale Sonden vorteilhaft zu sein.

5.2 Problematik verschiedener Sondentypen

Es werden verschiedene Sondentypen zur enteralen Ernährung angeboten, die je nach Ausstattung einer Intensivstation, den logistischen Möglichkeiten sowie den Krankheitsbildern zu bewerten sind. Die derzeit überwiegend eingesetzten Ernährungssonden bestehen aus Polyurethan oder Silikonkautschuk, da Sonden aus diesen Materialien bis zu Monaten im Gastrointestinaltrakt belassen werden können. Polyvinylchlorid (PVC)- und Latexsonden sollten nur noch zum Spülen und kurzfristig verwendet werden.

Die einfachste Sondenform ist die einlumige, nasogastrale Sonde, die sowohl als Ablauf- wie auch als Ernährungssonde manuell eingeführt wird. Sie ist wegen der einfachen Handhabung weit verbreitet und bedarf keiner weiteren technischen Hilfsmittel.

Die etwa 110cm langen jejunalen Sonden können intraoperativ, endoskopisch, mit Hilfe von Magnetismus oder selbstwandernd eingebracht werden.

Jejunale Sonden, wie z.B. die jejunale Freka[®] Trelumina der Firma Fresenius, können intraoperativ oder endoskopisch kontrolliert eingebracht werden. Diese ist eine dreilumige Sonde. Die Corflo[®] Sonde der Viasys Haelthcare GmbH ist bettseitig mit Hilfe eines magnetisierten Mandrins und einem Bildschirm, auf dem der Weg der Sonde beobachtet wird, platzierbar.

Seit einigen Jahren bieten mehrere Firmen nasojejunale Ernährungssonden an, die ohne technische Hilfsmittel bei der Anlage die jejunale Ernährung ermöglichen sollen. Diese Sonden sollen aufgrund ihrer Bauart selbstständig mit der vorhandenen Restperistaltik im Magen- und Dünndarmbereich vom Magen in jejunale Abschnitte wandern und eine geringere Dislokationsrate aufweisen.

Für Patienten, die längerfristig ernährt werden müssen, vergrößert sich mit der Verweildauer nasaler Sonden das Komplikationsrisiko. Es kann z.B. zu Drucknekrosen und Ulceration im Ösophagus kommen. Für die Ernährung dieser Patienten gibt es die Möglichkeit der perkutan endoskopisch kontrollierten Gastrostomie (PEG) nach der Fadendurchzugsmethode. Bei Bedarf kann dann durch die PEG Sonde mittels Faszange endoskopisch eine weitere Sonde über den Pylorus ins Jejunum vorgebracht werden.

Der Hauptunterschied der jejunalen Ernährungssonden liegt in der Art ihrer Anlage. Die sicherste Anlage ist die intraoperative unter Sicht am eröffneten Gastrointestinaltrakt. Sie hat den Vorteil, dass die Sonde sofort korrekt platziert wird und dies auch distal einer Anastomose, so dass solche Patienten sofort ernährt werden können. Eine Sondenanlage auf der Intensivstation wäre bei ihnen kontraindiziert. Bei Trauma- oder neurochirurgischen Patienten ist es möglich, Sonden gastroskopisch zu legen. Sie sind ebenso wie bettseitig transkutan magnetisch geführte Sonden mit einer erhöhten Anforderung an den Ausbildungsstand der Ärzte und an die technische Ausrüstung der Intensivstation verbunden. Die endoskopische Anlage ist außerdem mit den gleichen Komplikationen behaftet, die mit einer Gastroskopie einhergehen können, wie Infektionen, Blutungen und Organschäden bis hin zu einem tödlichen Verlauf nach Perforationen. Die Anlage endoskopisch gelegter Sonden kann bei entsprechenden Fähigkeiten des Gastroskopierenden relativ schnell erfolgen. Bei einer 90%igen Erfolgsrate kann die Anlage postpylorischer Sonden binnen ca. 15 Minuten gelingen. Außerdem ist bei dieser Methode eine Inspektion des Magen-Darm-Trakts und damit die Aufdeckung anderer Ursachen für eine erhöhte Aspiratmenge (wie zum Beispiel von Tumoren) möglich (McClave, 2006). Andere Studien belegen, dass die Anlage bettseitig transkutan magnetisch geführter Sonden mit einer 89%igen Erfolgsrate und einer durchschnittlichen Anlagedauer von 15 bis 30 Minuten durchaus vergleichbar ist (Gabriel und Ackermann, 2004; Ozdemir et al., 2000).

Eine weniger personal- und geräteaufwendige Sondenanlage ist durch konstruktionsbedingt selbstwandernde Ernährungssonden möglich.

Diese bedürfen jedoch einer Restperistaltik, die die Sonden aktiv in das Jejunum vorbringen kann. Diese Art der Sondenbewegung hat zu Folge, dass die Anlage länger dauert (Berger et al., 2002; Foote et al., 2004; Haslam und Fang, 2006). In dieser Studie lag die Dauer bis zur korrekten Platzierung zwischen zwei und 68 Stunden. Hinzu kommt, dass eine Anlage wegen der nötigen Röntgenkontrolle mit Strahlenbelastung verbunden ist.

Haslam und Fang (2006) konnten keinen Goldstandard zur Anlage nasoenteraler Ernährungssonden aus den Veröffentlichungen der letzten Jahre darstellen.

Es gibt nur wenige Studien, die sich mit selbstwandernden Ernährungssonden bei intensivpflichtigen Patienten beschäftigen. Berger et al. (2002) haben gezeigt, dass die

bettseitige Anlage einer selbstwandernden jejunalen Ernährungssonde bei schwerkranken Intensivpatienten möglich ist. Sie untersuchten die Bengmark[®]-Sonde. Diese endet in einer Spirale, durch die sie von der Magen- Darmperistaltik vom Magen in das Duodenum und in das Jejunum vorgeschoben wird. Durch die Dünndarm-Peristaltik wird die Spirale auseinandergezogen und legt sich der Darmwand an, wodurch das Zurückwandern in den Magen verhindert wird. Von 128 Anlagen waren 49% nach drei Tagen im Jejunum platziert. Ein Großteil davon sogar schon nach 24 Stunden. Die Beobachtung, dass die Erfolgsrate umso höher war, je länger die Patienten bereits auf der Intensivstation behandelt wurden, ist vermutlich damit zu erklären, dass die Darmatonie mit der Zeit abklingt. Beim Vergleich der Bengmark[®]-Sonde mit einer geraden jejunalen Sonde schnitt die Bengmark[®]-Sonde deutlich besser ab. Es zeigte sich aber auch, dass die Bengmark[®]-Sonde zu 78% bei Patienten ohne Darmatonie platziert werden konnte, jedoch nur zu 57% mit Atonie (Lai et al., 2003).

In der vorgelegten Studie wird die Bengmark[®]-Sonde mit der Tiger-Tube[®]-Sonde verglichen. Die letztere ist eine Sonde mit seitlichen, nach hinten gerichteten Flaps, die an der Darmwand anhaften. Durch sie schieben die peristaltischen Wellen die Sonde bis ins Jejunum vor. Die beiden Sonden wurden in Bezug auf die Dauer bis zur erfolgreichen Platzierung verglichen. Daneben wurde auch die Dauer bis zum Erreichen der kompletten enteralen Ernährung mit individuell ausreichendem Tagesbedarf an Ernährungssubstraten bei allen insgesamt 28 intensivpflichtigen Patienten mit nachgewiesener Magen-Darm-Atonie untersucht. In dem Patientenkollektiv der Tiger-Tube[®]-Sonde erreichten 14 Sonden innerhalb von drei Tagen das Jejunum, zwei erreichten es nicht. Im Kollektiv der Bengmark[®]-Sonde hingegen erreichten zwei Sonden das Ziel innerhalb der vorgegebenen Zeit und zehn nicht.

Die Dauer bis zur korrekten Lage lag bei der Tiger-Tube[®]-Sonde im Median bei 18,5 Stunden; bei der Bengmark[®]-Sonde bei 36,5 Stunden. Die Dauer bis zur korrekten Platzierung der Sonden unterschied sich nicht signifikant, wobei diese Feststellung aufgrund der kleinen Fallzahl der erfolgreich platzierten Sonden in der Bengmark[®]-Sonden Gruppe nur eingeschränkt aussagekräftig ist. Die Tiger-Tube[®]-Sonden waren im Median rascher, im Einzelfall jedoch später korrekt platziert als die Bengmark[®]- Sonden.

Dieser Unterschied bezüglich der erfolgreichen Anlage war nachweisbar obwohl beide Gruppen hinsichtlich des Analgosedativaeinsatzes und Katecholaminbedarfs vergleichbar waren.

Insgesamt zeigt die Studie, dass die Tiger-Tube®-Sonde in der korrekten Platzierung vorteilhafter ist als die Bengmark®-Sonde. Anscheinend sind die Flaps besser geeignet, mit geringer Peristaltik den Sondenvortrieb zu gewährleisten.

Das schlechtere Ergebnis der Bengmark®-Sonde ist möglicherweise dadurch begründet, dass ihre Spirale weniger Haftung an der Darmwand hat.

Die Konstruktion der Tiger-Tube®-Sonde scheint nach den Ergebnissen dieser Studie von Vorteil zu sein. Genau diese Flaps haben jedoch nach einer anderen Untersuchung zu erheblichen Schleimhautläsionen mit gastrointestinalen Blutungen geführt (Taylor et al., 2006). Auch bei Patienten der vorliegenden Untersuchung führte die Entfernung der Sonde in zwei Fällen zu Nasenbluten. Einmal trat ein ausgeprägtes Würgegefühl auf und bei einem als Salmonellen-Dauerausscheider bekannten Patienten wurden Salmonellen in der Blutkultur nachgewiesen, nachdem die Sonde gezogen worden war. Ob dies im Rahmen der Gesamtsituation des Patienten lag oder Folge der Sondenentfernung war, blieb letztlich unklar. Die Bengmark®-Sonde löste bei der Entfernung keine Komplikationen aus.

Aufgrund einer inkorrekten Produktklassifikation der Tiger-Tube® von Cook Europa wurde die Sonde Ende März 2006 vom Markt genommen, weshalb die Studie abgebrochen werden musste. Laut Angaben von Cook wird die Sonde im Laufe des Jahres 2008 nach erfolgter CE-Kennung in Europa wieder erhältlich sein.

Sollte die Sonde wieder auf den Markt kommen und die Komplikationsrate für die Patienten reduziert werden können, wäre sie geeignet, eine frühe enterale Ernährung ohne großen personellen und technischen Aufwand zu ermöglichen. Mögliche Lösungen für das beschriebene Problem könnten darin bestehen, dass die intestinal aushärtenden Flaps nach einer bestimmten Zeit abfallen, oder ein System zur intestinalen Abtrennung entwickelt wird.

Die Bengmark®-Sonde ist zwar komplikationslos einsetzbar, jedoch bei Magen-Darm-Atonie, wahrscheinlich aufgrund mangelnder Anhaftung, für die frühenterale Ernährung der betrachteten Patientengruppe nicht geeignet.

5.3 Ökonomie und standardisierte Ernährungsprotokolle in der Intensivmedizin

Die zunehmenden Kosten im Gesundheitswesen zwingen die Krankenhäuser zu Einsparungen; dies natürlich bei weiterhin hohem Standard und maximaler Therapie für die Patienten. Graft et al. (2002) stellten fest, dass 42% der Gesamtkosten der Intensivstation auf das Personal und 25% auf Interventionen zurückzuführen sind. Unter Berücksichtigung dieser Zahlen scheint es nötig, auch in der Ernährungstherapie intensivpflichtiger Patienten Möglichkeiten der Einsparung zu bedenken.

Heyland et al. (2003) haben in einer vergleichenden Studie über Leitlinien nachweisen können, dass deren Anwendung zur Senkung der Mortalität führt und kürzere Liegezeiten auf der Intensivstation zur Folge hat.

Sie zeigt aber auch, dass die Umsetzung der Leitlinien als potentiellen Nachteil größere Kosten bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Folge hat. In Bezug auf den Einsatz der in dieser Studie untersuchten Sonden ist in diesem Zusammenhang festzuhalten, dass die gastroscopische Anlage von jejunalen Sonden zwar schneller gelingt als die selbstwandernder Sonden, sie aber mit erheblich höheren Kosten verbunden ist (Ott et al., 1999). Die Gastroskopie erfordert einen höheren Ausbildungsstand und aufwendigere technische Ausrüstung. Auch die magnetisch geführten Sonden binden mehr Personal und benötigen mehr Material. Haslam und Fang (2006) konnten schließlich in einer Übersichtsarbeit keinen Goldstandard zur Anlage nasoenteraler Ernährungssonden zeigen, und folgerten, dass gut sei, was technisch und logistisch auf einer Station umsetzbar sei. Daraus ist zu folgern, dass die Anlage von selbstwandernden Ernährungssonden in Bezug auf Personal- und Materialaufwand vorteilhaft ist.

Die parenterale Ernährung führt im Vergleich mit der enteralen Ernährung zu einer höheren Anzahl katheterassoziierter Komplikationen (Bonet et al., 2005). Die Folge sind längere Liegezeiten auf der Intensivstation und damit höhere Kosten. Abgesehen davon ist enterale Ernährung unter Berücksichtigung des Personalaufwandes, der Einmalartikel und von Laboruntersuchungen um fast die Hälfte kostengünstiger als parenterale Ernährung. Falls Patienten einer alleinigen parenteralen Ernährung bedürfen, sollten parenterale Ernährungsteams eingerichtet werden. Es gibt Anzeichen

dafür, dass Komplikationen dadurch reduziert und Kosten eingespart werden können (Naylor, 2004).

Aufgrund der Erkenntnis, dass eine frühe enterale Ernährung bei intensivpflichtigen Patienten in Bezug auf Mortalität (Artinian und Krayem, 2006), nosokomiale Infektionen und die Krankenhausverweildauer (Marik et al., 2001) von Vorteil ist, wurde diese in die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin aufgenommen. Dies hatte zur Folge, dass die Ernährungsprotokolle standardisiert wurden und eine Verbesserung in Bezug auf die Mortalität und Krankenhausverweildauer für intensivpflichtige Patienten eintrat (Heyland et al., 2003). In einer weiteren Studie konnte Heyland zeigen, dass auf Intensivstationen, auf denen diese Leitlinien konsequent eingehalten werden, Patienten mit größerer Häufigkeit enteral ernährt werden. (Heyland et al.; 2004).

Montejo und Estebanez (2007) halten die Festlegung von Standards für den angemessenen Umgang mit gastrointestinalen Komplikationen bei Intensivpatienten für sinnvoll, da dies positive Auswirkungen auf den Klinikverlauf hat.

Da sich die meisten Standards auf die selben Studien beziehen, ist es um so erstaunlicher, dass Staun et al. (2007) zeigen konnten, dass die Ernährung bei Magen-Darm-Atonie in Europa nach wie vor zwischen den einzelnen Ländern stark variiert, wobei in Deutschland die frühe enterale Ernährung aufgrund der Standards gut etabliert ist (Röhm et al., 2008).

Insgesamt wird deutlich, dass die Festlegung von Standards die korrekte Ernährung bei intensivpflichtigen Patienten erleichtert und damit die Mortalität wie auch die Krankenhausverweildauer senkt. Wenn es gelingt, den mit den Standards verbundenen technischen Aufwand zu minimieren, hat nicht nur der Patient, sondern auch das Gesundheitswesen davon Nutzen.

6. Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der derzeitigen Studienlage, der erreichbaren kürzeren Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation sowie der absenkbaren Mortalität von intensivpflichtigen Patienten sollte ihrer Ernährung besondere Beachtung gezollt werden. Da enterale Ernährung der parenteralen Ernährung vorzuziehen ist und möglichst früh beginnen sollte, kommt der Verwendung von Ernährungssonden besondere Bedeutung zu. Als Folge der Magen-Darm-Atonie, die bei den meisten schwerkranken Patienten vorliegt, ist der Einsatz von herkömmlichen nasogastralen Ernährungssonden wegen der häufig auftretenden Aspirationskomplikationen nicht sinnvoll. Nasojejunale Ernährung mittels entsprechender Sonden scheint in dieser Phase Mittel der Wahl zu sein. Gängige Sonden dieser Gattung wurden bisher intraoperativ oder gastrokopisch angelegt. Dies ist mit erhöhtem Ausbildungsstand der Ärzte und aufwendiger technischer Ausrüstung der Intensivstationen verbunden. Studien mit großen Patientenkollektiven, die die Formulierung eines Goldstandards für die Anlage von Ernährungssonden erlaubten, fehlen noch. Diese Studie beschäftigte sich mit nasojejunalen Sonden, die auf der Intensivstation bettseitig angelegt werden. Sie sollen aufgrund ihres Designs mit Hilfe der Restperistaltik des oberen Gastrointestinaltraktes selbstständig in jejunale Darmabschnitte vorwandern. Es wurden 28 Patienten eingeschlossen und in zwei Gruppen aufgeteilt. Hinsichtlich des Alters, der Schwere der Erkrankung und der Katecholamingaben sowie der Analgosedierung bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen. Es konnten 14 von 16 Sonden des Tiger-Tube®-Kollektivs erfolgreich platziert werden; jedoch nur zwei von 12 Bengmark®-Sonden. In der Tiger-Tube®-Gruppe wurde die vollständige Ernährung im Median nach 6, in der Bengmark®-Gruppe nach 4 Tagen erreicht. Dies ist deutlich länger als bei invasiven Sondenanlagen. Komplikationen wie Nasenbluten und Würgereflex traten nur in der TTG auf. Insgesamt ergibt die vorliegende Untersuchung, dass die Tiger-Tube®-Sonde aufgrund der seitlichen Widerhaken (Flaps) eine hohe Platzierungserfolgsrate bei intensivpflichtigen Patienten mit nachgewiesener Magen-Darm-Atonie hat, während der Mechanismus der Bengmark®-Sonde bei reduzierter Peristaltik nur selten zum Erfolg führt.

7. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1:	Subjective Global Assessment (SAG) (Detsky et al., 1987)
Tabelle 2 a-c:	SAPS II Score (Le Gall et al., 1993)
Tabelle 3:	SOFA-Score (Vincent et al., 1998)
Tabelle 4:	Glasgow Coma Scale (Teasdale et al., 1974)
Tabelle 5:	Häufigkeit der Diagnosen innerhalb der Untersuchungsgruppen
Tabelle 6:	Demographische Daten
Tabelle 7:	Ergebnisse des Sondenvergleichs
Tabelle 8:	Katecholaminbedarf
Tabelle 9:	Analgesedativbedarf

Abbildung 1:	Mikrovilli im Dickdarm, Transmissions-Elektronenmikroskopie; Steve Gschmeissner, Science Photo Library, Copyright by Agentur Focus
Abbildung 2:	Pathophysiologische Besonderheiten beim kritisch kranken Intensivpatienten
Abbildung 3:	Der Darm als Motor der Sepsis
Abbildung 4:	Jejunalschleimhaut (Hafter, 1988)
Abbildung 5:	Modellhafte Darstellung des Energiebedarfs im Stressstoffwechsel von Patienten mit Postaggressionssyndrom
Abbildung 6:	Möglichkeiten der Ernährung
Abbildung 7:	Enterale Ernährung und Reflux (SOP 2.2. Westküstenklinikum Heide)
Abbildung 8:	Die Bengmark [®] -Sonde von Pfrimmer Nutricia
Abbildung 9:	Die Bengmark [®] -Sonde von Pfrimmer Nutricia in korrekter Lage
Abbildung 10:	Spitze der Tiger-Tube [®] -Sonde von COOK in Nahaufnahme
Abbildung 11:	Tiger-Tube [®] -Sonde von COOK
Abbildung 12:	Tiger-Tube [®] -Sonde von COOK in der radiologischen Kontrolle
Abbildung 13:	Darstellung des Einflusses der Opioiden auf die Darmmotilität
Abbildung 14:	Modellhafte Darstellung des Einflusses der Analgesedierung auf die Darmmotilität

Abbildung 1: Mikrovilli im Dickdarm

Steve Gschmeissner/ Science Photo Library 0805600083 / xypool focus. Die Agentur Focus stellt das Photo freundlicherweise zur Verfügung. Die Erlaubnis ist einmalig und nicht übertragbar. Der vollständige oder teilweise Abdruck und die elektronische Vervielfältigung, gleich welcher Art, sind nicht erlaubt. Abdruckgenehmigung für das Foto erteilt die Agentur Focus (E-Mail: xypool@agentur-focus.de)

Abbildung 8;10;11 Bengmark®-Sonde und Tiger-Tube®-Sonde

Der Anästhesist, 56(12), 2007, 1217-1222, Nasojejunale Ernährungssonden bei Intensivpatienten, erfolgreiche Platzierung ohne technische Hilfsmittel, Schröder S, van Hülst S, Raabe W, Bein B, Wolny A, von Spiegel T, © Springer Medizin Verlag 2007. Die Abbildungen werden mit freundlicher Erlaubnis von Springer Science+Business Media verwendet.

8. Literaturverzeichnis

1. Abdulla W. Ernährung. In: Abdulla W, Hrsg. Interdisziplinäre Intensivmedizin. München - Jena: Urban & Fischer Verlag, 2001: 273 - 287
2. Agha A, Bein T, Froehlich D, Hofler S, Kreuz D, Jauch KW. [Simplified Acute Physiologie Score II (SAPS II) in the assessment of severity of illness in surgical intensive care patients.] Chirurg 2002; 73: 439 - 442
3. Alverdy J. The effect of nutrition on gastrointestinal barrier function. Semin Respir Infect 1994; 9: 248 - 255
4. Artinian V, Krayem H, DiGiovine B. Effects of early enteral feeding on the outcome of critically ill mechanically ventilated medical patients. Chest 2006; 129: 960 - 967
5. Aydin S, Ulusoy H, Usul H, Yulug E, Cobanoglu U, Aydin K, Yenilmez E, Kutun S. Effects of early delayed nutrition on intestinal mucosal apoptosis and atrophy after traumatic brain injury. Surg Today 2005; 35: 751 - 759
6. Barr J, Hecht M, Flavin KE, Khorana A, Gould MK. Outcomes in critically ill patients before and after the implementation of an evidence-based nutritional management protocol. Chest 2004; 125: 1446 - 1457
7. Bailey RW, Bregman ML, Fuh KC, Hamilton SR, Herlong HF, Bulkley GB. Hemodynamic pathogenesis of ischemic hepatic injury following cardiogenic shock/resuscitation. Shock 2000; 14: 451 - 459
8. Berne JD, Norwood SH, McAuley CE, Vallina VL, Villareal D, Weston J, McClarty J. Erythromycin reduces delayed gastric emptying in critically ill trauma patients: a randomized, controlled trial. J Trauma 2002; 53: 422 - 425
9. Berger MM, Bollmann MD, Revelly JP. Progression rate of self-propelled feeding tubes in critically ill patients. Intensive Care Med 2002; 28: 1768 - 1774
10. Booth CM, Heyland DK, Paterson WG. Gastrointestinal promotility drugs in the critical care setting: a systematic review of the evidence. Crit Care Med 2002; 30: 1429 - 1435
11. Bonet A, Grau T. Multicenter study on incidence of total parenteral nutrition complications in the critically ill patient. ICOMEP study. Part I. Nutr Hosp 2005; 20: 268 - 277

12. Braunschweig CL, Levy P, Sheean PM, Wang X. Enteral compared with parenteral nutrition: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2001; 74: 534 - 542
13. Buchmann AL, Moukarzel AA, Bhuta S, Belle M, Ament ME, Eckhert CD, Hollander D, Gornbein J, Koppel JD, Vijayaraghavan SR. Parenteral nutrition is associated with intestinal morphologic and functional changes in humans. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1995; 19: 453 - 460
14. Chen J, Wang XP, Liu P, Wu K, Xu M, Yu XF, Wang GS. Effects of continuous early enteral nutrition on the gut barrier function in dogs with acute necrotizing pancreatitis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 2004; 84: 1726 - 1731
15. Davies AR, Bellomo R. Establishment of enteral nutrition: prokinetic agents and small bowel feeding tubes. *Curr Opin Crit Care* 2004; 10:156 - 161
16. Davies AR, Froomes PR, French CJ, Bellomo R, Gutteridge GA, Nyulasi I, Walker R, Sewell RB. Randomized comparison of nasojejunal and nasogastric feeding in critically ill patients. *Crit Care Med* 2002; 30: 586 - 590
17. Detsky AS, McLaughlin JR, Baker JP, Johnston N, Whittaker S, Mendelson RA, Jeejeebhoy KN. What is subjective global assessment of nutritional status? *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1987; 11: 8 - 13
18. De Winter BY. Study of the pathogenesis of paralytic ileus in animal models of experimentally induced postoperative and septic ileus. *Verh K Acad Geneesk Belg* 2003; 65: 293 - 324
19. Dubois A, Kopin IJ, Pettigrew KD, Jacobowitz DM. Chemical and histochemical studies of postoperative sympathetic activity in the digestive tracts in rats. *Gastroenterology* 1974; 66: 403 - 407
20. Ferreira FL, Bota DP, Bross A, Melot C, Vincent JL. Serial evaluation of the SOFA score to predict outcome in critically ill patients. *JAMA* 2001; 286: 1754 - 1758
21. Fink MP. Effect of critical illness on microbial translocation and gastrointestinal mucosa permeability. *Semin Respir Infect* 1994; 9: 256 - 260
22. Foote JA, Kemmeter PR, Prichard PA, Baker RS, Paauw JD, Gowel JC, Davis AT. A randomized trial of endoscopic and fluoroscopic placement of postpyloric feeding tubes in critically ill patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2004; 28: 154 – 157

23. Gabriel SA, Ackermann RJ. Placement of nasoenteral feeding tubes using external magnetic guidance. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2004; 28: 119 - 122
24. Gogos CA, Lekkou A, Papageorgiou O, Siagris D, Skoutelis A , Bassaris HP. Clinical prognostic markers in patients with severe sepsis: prospective analysis of 139 consecutive cases. *J Infect* 2003; 47: 300 - 306
25. Graft J, Graf C, Janssens U. Analysis of resource use and cost-generating factors in a German medical intensive care unit employing the Therapeutic Intervention Scoring System (TISS-28). *Intensive Care Med* 2002; 28: 324 - 331
26. Gramlich L, Kichian K, Pinilla J, Rodych NJ, Dhaliwal R, Heyland DK. Does enteral nutrition compared to parenteral nutrition result in better outcomes in critically ill adult patients? A systematic review of the literature. *Nutrition* 2004; 20: 843 - 848
27. Hafter E. Erkrankungen des Dünndarmes. In: Hafter E, Hrsg. *Praktische Gastroenterologie*. Stuttgart – New York: Georg Thieme Verlag, 1988: 230 - 231
28. Haslam D, Fang J. Enteral access for nutrition in the intensive care unit. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2006; 9: 155 - 159
29. Haug K, Brügger L, Flüe M. Neue Aspekte in der Behandlung der postoperativen Darmatonie. *Schweiz Med Forum* 2004; 4: 108 - 114
30. Heller AR, Litz RJ, Djonlagic I, Manseck A, Koch T, Wirth MP, Albrecht DM. Combined anesthesia with epidural catheter. A retrospective analysis of the perioperative course in patients ungoing radical prostatectomy. *Anaesthesist* 2000; 49: 949 - 959
31. Heller AR, Ragaller M. Störung des Gastrointestinaltraktes auf der Intensivstation. *Anästhesi Intensivmed* 2008; 49: 20 - 31
32. Herbert MK. Die Magen-Darm-Atonie beim Intensivpatienten. Mechanismen, Ursachen, Therapie. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2001 36: 337 - 359,401
33. Hernandez G, Velasco N, Wainstein C, Castillo L, Bugedo G, Maiz A, Lopez F, Gutzman S, Vargas C. Gut mucosal atrophy after a short enteral fasting period in critically ill patients. *J Crit Care* 1999; 14: 73 - 77
34. Heyland DK, Drover JW, Mac Donald S. Effect of postpyloric feeding on gastroesophageal regurgitation and pulmonary microaspiration: results of a randomized controlled trial. *Crit Care Med* 2001; 29: 1495 – 1501

35. Heyland DK, Dhaliwal R, Day A, Jain M, Drover J. Validation of the Canadian clinical practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients: results of a prospective observational study. *Crit Care Med* 2004; 32: 2260 - 2266
36. Heyland DK, Dhaliwal R, Drover JW, Gramlich L, Dodek P. Canadian clinical practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2003; 27: 355 - 373
37. Hutcheson IR, Whittel BJ, Boughton-Smith NK. Role of nitric oxide in maintaining vascular integrity in endotoxin-induced acute intestinal damage in the rat. *Br J Pharmacol* 1990; 101: 815 - 820
38. Kalff JC, Carlos TM, Schraut WH, Billiar TR, Simmons RL, Bauer AJ. Surgically induced leukocytic infiltrates within the rat intestinal muscularis mediate postoperative ileus. *Gastroenterology* 1999; 117: 378 - 387
39. Keshavarzian A, Isaac RM. Erythromycin accelerates gastric emptying of indigestible solids and transpyloric migration of the tip of enteral feeding tube in fasting and fed states. *Gastroenterol.* 1993; 88: 193 - 197
40. Kreymann KG, Berger MM, Deutz NE. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensiv car. *Clin Nutr* 2006; 25: 210 - 223
41. Layton D, Key C, Shakir SA. Prolongation of the QT interval and cardiac arrhythmias associated with cisaprid: limitations of the pharmacoepidemiological studies conducted and proposals for the future. *Pharmacoepiemiol Drug Saf* 2003; 12: 31 - 40
42. Lai CW, Barlow R, Barnes M, Howthorne B. Bedside placement of nasojejunal tubes: a randomized-controlled trial of spiral- vs straight-ended tubes. *Clin Nutr* 2003; 22: 267 - 270
43. Landzinski J, Kiser TH, Fish DN, Wischmeyer PE, MacLaren R. Gastric motility function in critically ill patients tolerant vs intolerant to gastric nutrition. *JPEN J Parenteral Enteral Nutr* 2008; 32: 45 - 50
44. Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA* 1993; 270: 2957 – 2963

45. Le Gall JR, Lemeshow S, Leleu G, Klar J, Huillard J, Rue M, Teres D, Artigas A. Customized probability models for early severe sepsis in adult intensive care patients. *Intensiv Care Unit Study Group. JAMA* 1995; 273: 644 - 650
46. Litz RJ, Bleyl JU, Frank M, Albrecht DM. Kombinierte Anästhesieverfahren. *Anästhesist* 1999; 48: 359 - 372
47. Mac Laren R. Intolerance to intragastric enteral nutrition in critically ill patients: Complications and management. *Pharmacotherapy* 2000; 20: 1486 - 1498
48. Marik PE, Zaloga GP. Early enteral nutrition in acutely ill patients: a systematic review. *Crit Care Med* 2001; 29: 2264 - 2270
49. McClave SA. Critical care nutrition: getting involved as a gastrointestinal endoscopist. *J Clin Gastroenterol* 2006; 40: 870 - 890
50. Mentec H, Dupont H, Bocchetti M, Cani P, Ponche F, Bleichner G. Upper digestive intolerance during enteral nutrition in critically ill patients: frequency, risk factors, and complications. *Crit Care Med* 2001; 29: 1955 - 1961
51. Montejo JC. Enteral nutrition-related gastrointestinal complications in critically ill patients: a multicenter study. The Nutritional and Metabolic Working Group of the Spanish Society of Intensive Care Medicine and Coronary Units. *Crit Care Med* 1999; 27: 1447 - 1453
52. Montejo JC, Estebanez B. Gastrointestinal complications in critically ill patients. *Nutr Hosp* 2007; 2: 56 - 62
53. Moreno R, Vincent JL, Matos R, Mendonca A, Cantraine F, Thijs L, Takala J, Sprung C, Antonelli M, Bruining H, Willatts S. The use of maximum SOFA score to quantify organ dysfunction/failure in intensive care. Results of a prospective, multicentre study. Working Group on Sepsis related Problems of the ESICM. *Intensive care Med* 1999; 25: 686 - 696
54. Naylor CJ. Does a Multidisciplinary Total Parenteral Nutrition Team Improve Patient Outcomes? A Systematic Review. *JPEN* 2004; 28: 251 - 258
55. Nguyen NQ, Chapman M, Fraser RJ, Breyant LK, Burgstad C, Holloway RH. Prokinetic therapy for feed intolerance in critical illness: one or two? *Crit Care Med* 2007; 35: 2561 – 2567

56. Ott L, Annis K, Hatton J, McClain M, Young B. Postpyloric enteral feeding costs for patients with severe head injury: blind placement, endoscopy, and PEG/J versus TPN. *J Neurotrauma* 1999; 16: 233 - 242
57. Ozdemir B, Frost M, Hayes J, Sullivan DH. Placement of nasoenteral feeding tubes using magnetic guidance: retesting a new technique. *J Am Coll Nutr* 2000; 19: 446 - 451
58. Pape HC, Dwenger A, Regel G, Auf'm`Kolck M, Gollub F, Wisner D, Sturm JA, Tscherne H. Increased gut permeability after multiple trauma. *Br J Surg* 1994; 81: 850 - 852.
59. Pirlich M, Schütz T, Kemps M, Luhman N, Burmester GR, Baumann G, Plauth M, Lübke HJ, Lochs H. Prevalence of malnutrition in hospitalized medical patients: Impact of underlying disease. *Dig dis* 2003; 21: 245 - 251
60. Pirlich M, Schütz T, Norman K, Gastell S, Lübke HJ, Bischoff SC, Bolder U, Frieling T, Güldenzoph H, Hahn K, Jauch KW, Schindler K, Stein J, Volkert D, Weimann A, Werner H, Wolf C, Zürcher G, Bauer P, Lochs H. The German hospital malnutrition study. *Clin Nutr.* 2006; 25: 563 - 572.
61. Reilly PM, Wilkin KB, Fuh KC, Hagelund U, Bulkley GB. The mesenteric hemodynamic response to circulatory shock: an overview. *Shock* 2001; 15: 329 - 343
62. Röhm KD, Schöllhorn T, Boldt J, Wolf M, Papsdorf M, Piper SN. Nutrition support and treatment of motility disorders in critically ill patients - results of a survey on German intensive care units. *Eur J Anaesthesiol* 2008; 25: 58 - 66
63. Silbernagel H, Silbernagel S. Funktion des Magen-Darm-Trakts. In: Klink R, Silbernagel S, Hrsg. *Lehrbuch der Physiologie*. Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag, 1994: 388 - 436
64. Stallmach A, Zeitz M. The intestine as an immunological organ. 1998; 110: 72 - 78
65. Staun M, Hebutterne X, Shaffer J, Haderslev KV, Bozzetti F, Pertkiewicz M, Micklewright A, Moreno J, Thul P, Pironi L. Management of intestinal failure in Europe. A questionnaire based study on the incidence and management. *Dyn Med* 2007; 6: 7
66. Takala J, Ruokonen E. Oxygen transport in septic shock. *Schweiz Med Wochensh* 1992; 122: 776 - 779

67. Taylor SJ, Pullyblank A, Manara A. Nasointestinal intubation with tiger tubes: a case series indicates risk of mucosal damage. *The British Dietetic Association* 2006; 19: 147 - 151
68. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet* 1974; 2: 81 - 84
69. Toung T, Reilly PM, Fuh KC, Ferris R, Bulkley GB. Mesenteric vasoconstriction in response to hemorrhagic shock. *Shock* 2000; 13: 267 - 273
70. Vincent JL, Moreno R, Takala J, Willatts S, De Mendonca A, Bruining H, Reinhart CK, Suter PM, Thijs LG. The SOFA (Sepsis-related Organ failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the Working Group on Sepsis-Related Problems of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med* 1996; 22: 707 - 710
71. Vincent JL, De Mendonca A, Cantraine F, Moreno R, Takala J, Suter PM, Sprung CL, Colardyn F, Blecher S. Use of the SOFA score to assess the incidence of organ dysfunction/failure in the intensive care units: results of a multicenter, prospective study. Working group on "sepsis-related-problems" of the European Society of Intensive Care Medicine. *Crit Car Med* 1998; 26: 1793 - 1800
72. Weimann A, Adolph M, Kreymann G. How much nutrition is appropriate during critical illness? *Intensivmedizin und Notfallmedizin* 2007; 44: 31 - 36
73. Zulfikaroglu B, Zulfikaroglu E, Ozmen MM, Ozalp N, Berkem R, Erdogan S, Besler HT, Koc M, Korkmaz A. The effect of immunonutrition on bacterial translocation and intestinal villus atrophy in experimental obstructive jaundice. *Clin Nutr* 2003; 22: 277 - 281

9. Danksagung

Besonders möchte ich mich bei Herrn Privatdozent Dr. med. Stefan Schröder bedanken, der mich während der ganzen Arbeit gradlinig und fachlich kompetent beraten und angeleitet hat. Die kritischen Diskussionen haben sowohl positiven Einfluss auf die Arbeit als auch für mich persönlich gehabt.

Insbesondere möchte ich mich für das klare Zeitmanagement bedanken, wenn es mich auch zuweilen gefordert hat.

Mein Dank gilt auch Herrn Professor Dr. med. Fritz Sixtus Keck, der mich freundlicherweise zur Durchführung dieser Arbeit motiviert hat.

An dieser Stelle möchte ich meiner Familie für ihr Verständnis und ihre außergewöhnliche Unterstützung danken. Dieses gilt besonders meinem Vater, der mich in Layoutfragen so liebevoll beraten hat.

Weiter danke ich der Agentur Focus, die das Photo "Mikrovilli im Dickdarm" (Steve Gschmeissner/ Science Photo Library 0805600083 / xypool focus) freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat. Ebenso danke ich für die Abbildungen des Springer Medizin Verlages, die mit freundlicher Erlaubnis von Springer Science+Business Media verwendet werden durften.