

## TOEDIENINGSWEGEN EN -WIJZEN VAN ENTERALE VOEDING OP DE INTENSIVE CARE

E.M.H. Mathus-Vliegen, Maag-Darm-Leverarts, bijzonder Hoogleraar Klinische Voeding, Academisch Medisch Centrum, Universiteit van Amsterdam  
Namens de leden van de Voedingscommissie NVIC<sup>1</sup>

### SAMENVATTING

Vooraleer de beslissing tot voeden van een kritisch zieke patiënt wordt genomen, dient de algehele hemodynamische situatie en de lokale situatie op darmniveau te worden beoordeeld en dient men te besluiten tot gut-oriented feeding (alleen voeden om nutriënten aan de enterocyt en colonocyt aan te bieden) of patient-oriented feeding. Voeden over de maag via een nasogastrische sonde is de eerste keuze waarbij men alleen bij het ongewenst zijn van een sonde in neus of mond (liquorrhoe of aangezichtstrauma) direct tot een toegang via de buikwand beslist. Een ernstige pancreatitis met dichtdrukken van het duodenum vereist een sonde die dit traject overbrugt. Bij buik-rug-wisselligging wordt meestal een duodenumsonde ingebracht. De bewijzen dat voeden over de maag in buikligging mogelijk is, zijn nog preliminair. Als langdurig voeden over de maag verwacht wordt of slik- en passagestoornissen aanwezig zijn, is dit een indicatie tot het plaatsen van een gastrostomie.

Het ophogen van de sondevoeding bij het voeden over de maag staat en valt met een goede maagretentiemeting, een gemotiveerde staf, het opstellen van protocollen en het geven van prokinetica. Een gemakkelijke toegang tot het kunnen laten plaatsen van een jejunale sonde is vereist waarbij 2 dagen van proberen te voeden over de maag acceptabel lijkt. Gestart wordt met 20 ml/uur, te verhogen met 20 ml/uur iedere 6 uur mits de maagretentie minder dan 250 ml blijft. Is de retentie tweemaal achtereenvolgens te hoog dan wordt gestart met prokinetica en wederom twee 6-uurs metingen afgewacht. Zijn deze metingen ondanks prokinetica nog steeds > 250 ml dan wordt tot het plaatsen van een duodenumsonde overgegaan. Gastrointestinale dissociatie is een veelvuldig voorkomend verschijnsel op de Intensive Care leidend tot verhoogde maagretentie en braken, het passeren van de maag door een duodenum sonde kan dan zijn geïndiceerd. Er is overtuigend level A bewijs dat voeden voorbij de maag niet de kans op aspiratie en (aspiratie)pneumonie vermindert, al moet gesteld worden dat het onderzoek naar het effect van diepere plaatsing van sondes, voorbij Treitz, ontbreekt. Transpylorisch voeden of intragastrisch voeden ondersteund door erythromycine blijkt equivalent te zijn ten aanzien van het behalen van het voedingsdoel.

Op welke wijze de sonde wordt geplaatst, is afhankelijk van de lokale expertise. Het minst invasief en met level A bewijs gestaafd, is de plaatsing met behulp van luchtinsufflatie. Endoscopische plaatsing heeft het additionele voordeel van inspectie van oesofagus, maag en duodenum. Vooralsnog is er geen bewijs voor succesvolle plaatsing met behulp van prokinetica.

<i>Afkortingen</i>	
GIP	Gastric Inhibitory Protein
PVC	Poly Vinyl Chloride
TPN	Total Parenteral Nutrition
MMC	Migrerend Motorisch Complex
MCT	Medium Chain Triglycerides
LCT	Long Chain Triglycerides
LES	Lower Esophageal Sphincter
VAP	Ventilator Associated Pneumonia
PEG	Percutane Endoscopische Gastrostomie
MRSA	Methicilline Resistente Stafylococcus Aureus
VRE	Vancomycine Resistente Enterococ
GCS	Glasgow Coma Scale
CRF	Corticotrophin Releasing Factor

<sup>1</sup> Voedingscommissie, Nederlandse Vereniging voor Intensive Care. P. Bruynzeel diëtiste, drs. F.M.P. van Haren internist-intensivist, dr. A.P.J. Houdijk chirurg, prof. dr. E.M.H. Mathus-Vliegen gastro-enteroloog, dr. H.M. Oudemans - van Straaten, internist-intensivist (secretaris), drs. R. Tepaske, anesthesioloog-intensivist (voorzitter), prof. dr. D. Tibboel, kinderarts-intensivist en drs. A.R.H. van Zanten, internist-intensivist.

## **INTRODUCTIE**

Bij het toedienen van voeding via het maagdarmsstelsel moet aan twee voorwaarden worden voldaan: hemodynamische stabiliteit en voldoende mate van functioneren van het maagdarmsstelsel. Voor een deel beïnvloeden beiden elkaar. De hemodynamische stabiliteit bepaalt het tijdstip en de wijze van voeden (zie later). De motorische en absorptieve functie van het maagdarmsstelsel bepalen de toedieningsweg en de toedieningswijze.

## **TOEDIENINGSWEGEN**

Enterale voeding kan nasogastrische of naso-enteraal (of orogastrisch en oro-enteraal) worden toegediend via een sonde, of direct via een percutaan endoscopisch of radiologisch aangeprikte of chirurgisch aangelegde gastrostomie of jejunostomie.

De belangrijkste eerste keuze die moet worden gemaakt, is de plaats van voeden: voeden over de maag of voorbij de maag (postpylorisch). Deze keuze hangt samen met eventuele contra-indicaties zoals een mechanische obstructie, een fistel, een perforatie of een verse operatie anastomose waarbij via een distaal hiervan neergelegde sonde wel kan worden gevoed<sup>(1;2)</sup>. Belangrijk is hierbij te bedenken dat clinici altijd heel voorzichtig met enteraal voeden omgaan, vooral bij verse naden, maar zich hierbij niet realiseren dat alleen al aan maagdarmsecreties 180 ml per uur passeert<sup>(3;4)</sup>. Bij problemen van digestie door het falen van dunne darm of pancreas of bij meer distaal gelegen problemen waarbij een nutriëntenstroom minder gewenst is (perforatie), is er nog steeds een plaats voor volledig voorverteerde monomere voedingsmiddelen, die alleen maar resorptie vereisen. Bij gebruikelijke perfusiesnelheden van 60-120 ml per uur blijkt dat over de eerste 30 cm na Treitz 39-51%, over de eerste 70 cm 66-74% en over de eerste 105 cm na Treitz gemiddeld ongeveer 70% te kunnen worden geabsorbeerd<sup>(5)</sup>. Andere redenen om de maag over te slaan zijn de bij de IC patiënt veelvoorkomende gastroduodenale dissociatie, gastrointestinale intolerantie en complicaties zoals aspiratie. Soms zijn sondes in de neus of mond vanwege liquorrhoea of maxillofaciale traumata niet mogelijk, een toegangsweg via de buikwand moet dan worden gekozen<sup>(6)</sup>.

### **Voeden via de maag**

#### ***Maagsondes***

##### *Indicatie*

Een maagsonde is bij iedereen geïndiceerd bij wie voeding kan en mag worden toegediend en geen andere contra-indicaties aanwezig zijn. Bij langdurige noodzaak tot voeden (> 4 weken) moet men een gastrostomie overwegen.

##### *Contra-indicaties*

Contra-indicaties hangen samen met de onmogelijkheid een mechanische obstructie (hypopharynx tumor), fisteling of perforatie (tracheo-oesofageale fistel of openliggende hoge oesofagusnaad) te passeren. Oesofagusvarices zijn geen contra-indicatie mits men kiest voor dunne polyurethaan sondes en rubberbandligatie heeft plaatsgevonden. Een zeer ernstige oesofagitis kan soms een tijdelijke contra-indicatie vormen. Een relatieve contra-indicatie betreft situaties waarbij maagontledigingsproblemen zijn te verwachten. Bij hemodynamisch instabiele patiënten en patiënten met cervicale fracturen of schedeltraumata kan door intracerebrale drukverhoging de maagontleding vertragen. Behalve de IC situatie van de patiënt (veel medicamenten en een maaguitgangstenose door een postbulbair ulcus) kan ook het onderliggend lijden (bijvoorbeeld een diabetische gastroparese) de maagontleding beïnvloeden. Toch zal men hier eerst, eventueel ondersteund met prokinetica, de meer fysiologische weg via de maag proberen.

### *Plaatsing*

Meestal wordt een dubbel-lumen maagsonde van polyvinylchloride geplaatst (een sump-tube) die zowel het meten van de maagretentie als het toedienen van voeding mogelijk maakt. Het polyvinylchloride (PVC) materiaal heeft weekmakers die niet in de polymere bindingen van PVC gebonden zijn en met de tijd eruit verdwijnen<sup>(7)</sup>. Het verharden van de sonde en het hierbij waargenomen risico van ulceraties en perforeren maakt dat deze sonde elke 7 dagen moet worden verwisseld. Vandaar dat wordt aangeraden om deze sonde door een polyurethaan of silicone sonde te verwisselen zodra de patiënt gestabiliseerd is en de voeding tolereert zodat maagretentie meting niet meer nodig is. Dit is bereikt als een verschil van minder dan 50 cc gemeten wordt 5-6 uur na de vorige meting<sup>(3)</sup>. Het maagretentie meten via deze silicone en polyurethraan sondes is moeilijk en verhoogt de kans op verstoppingen<sup>(8)</sup>.

### *Controle op plaatsing*

Ondanks alle pogingen eenvoudige en betrouwbare informatie over de juiste plaatsing van sondes te verkrijgen zoals pH en pepsine van het maagvocht, auscultatie over de buik etc. blijft de röntgenologische controle de gouden standaard<sup>(9)</sup>. Bij patiënten die starten met sondevoeding, kan de tolerantie van voeding worden beoordeeld door het meten van de maagretentie. Hierbij moet men rekening houden met het soort sonde: maagretentie, elke 2 uur gemeten, van meer dan 200 ml via een maagsonde en van meer dan 100 ml via een gastrostomie kan pathologisch zijn<sup>(10)</sup>. Bij stabilisatie volstaat retentiemeting bij het wisselen van de dienst (iedere 8 uur).

### *Risico's*

Zowel het plaatsen als de ligging van sondes kan problemen geven. Bij stugge sondes van PVC of bij sondes versterkt met een inwendige mandrijn kan bij onvoorzichtige plaatsing via de sinus ethmoidalis hersenletsels, via de slokdarm een perforatie en een mediastinitis en via de luchtwegen lokale schade of een pneumothorax ontstaan. Ook kan de sonde in een hiatus hernia omkrullen en weer naar boven komen zodat voeding hoog in de slokdarm vloeit met zelfs overloop naar de longen. De aanwezigheid van een sonde kan neuserosies, neuseptum-necrose en sinusitis geven. Bij een voedingssonde in de maag moet men rekening houden met de diameter van de sonde, lichaamshouding, het onderliggend lijden, de toedieningswijze en de verwachte tijdsduur van voeden<sup>(2;8)</sup>. Elke naso-enterale sonde kan interfereren met de Lower Esophageal Sphincter (LES) functie waardoor reflux van maaginhoud op kan treden. Vaak is gesteld dat dit meer optreedt naarmate de sondedikte toeneemt, al kunnen 2 studies in een gerandomiseerde crossover setting dit niet bevestigen<sup>(12;13)</sup>. Het toedienen van voeding kan zeker reflux opwekken door transiente relaxaties van de LES of door het lager worden van de LES druk bij het toedienen van portievoedingen (een bolus over 15 minuten)<sup>(14)</sup>. Bij patiënten met een schedeltrauma en Glasgow Coma Score van minder dan 12 is de LES druk geheel afwezig<sup>(15)</sup>. Een houding met het hoofd 30-45° omhoog voorkomt de reflux niet maar vermindert de refluxepisoden en aspiratie wel<sup>(11-14)</sup>.

### ***Gastrostomie***

#### *Indicatie*

Bij een verwachte noodzaak van voeden langer dan 4 weken, bij frequent uitvallen of uittrekken van de sonde en bij onmogelijkheid van een nasogastrische sonde vanwege liquorrhoea of maxillofaciale traumata is een gastrostomie geïndiceerd. Deze kan chirurgisch via een laparotomie of laparoscopie worden aangelegd of door de radioloog met behulp van echografie (aan het bed van de patiënt) en eventuele horizontale en verticale stralengang (op de afdeling radiologie) worden geplaatst. De Percutane Endoscopische Gastrostomie (PEG) kan endoscopisch aan het bed van de patiënt worden aangelegd waarbij meestal de pull-methode (het via de mond door de slokdarm en maagwand naar buiten trekken) wordt gevolgd<sup>(15)</sup>. Alleen als de pull-methode is gecontra-indiceerd, kan de push methode (het onder endoscopisch zicht van buitenaf direct aanprikken van de maag en inbrengen van de sonde) worden gevolgd.

### *Contra-indicaties*

Absolute contra-indicaties zijn tussen de buik- en maagwand liggende organen zoals lever en colon, vochtophopingen in de buik waardoor maag- en buikwand niet naar elkaar toe gebracht kunnen worden (peritoneaal dialyse, ventriculoperitoneale shunt, peritoneoveneuze shunt), ernstige niet corrigeerbare stollingstoornissen en een albumine < 25 g/l. Bij relatieve contra-indicaties voor deze methode zoals een tracheo-oesofageale fistel, oesofagusvarices zonder aangetoonde maagvarices, het verslepen van pathogene micro-organismen zoals bij een Candida oesofagitis, een Methicilline Resistente Stafylococcus Aureus (MRSA) of Vancomycine Resistente Enterococ (VRE) of van carcinoomcellen, of bij ernstige consequenties van infectie zoals bij de aanwezigheid van een peritoneoveneuze of ventriculoperitoneale shunt, wordt voor de push methode met het direct van buitenaf aanprikken van de maag onder endoscopisch zicht gekozen. Hierbij worden dan geen bacteriën van mond- en keelholte via de slokdarm en maag door beide peritoneaal bladen verslept. De push methode wordt ook verkozen bij ernstige kaakfracturen of stricturen of stenosen in de oesofagus waarbij een dun-kaliber gastroscoop via de mond of neus kan worden opgevoerd tot in de maag. Bij een gestoorde wondgenezing zoals bijvoorbeeld door immunosuppressiva, corticosteroiden of een hypoalbuminemie kunnen buik- en maagwand via T-ankertjes verankerd worden.

### *Plaatsing*

Door de chirurgen wordt meestal een Witzelse fistel tijdens operatie geplaatst, bij de röntgenologisch geplaatste sonde wordt eerst de maag tegen de buikwand met ankertjes gefixeerd en daarna wordt een ballonsonde of een Malecott sonde (met een molenwiek-achtig uiteinde) ingebracht. De endoscopisch plaatsing van een pull PEG geschiedt op geleide van de diafanie (het door de buikwand zichtbaar zijn van het licht) waarna de maag met een holle naald wordt aangeprikt<sup>(20)</sup>. Hierdoorheen wordt dan een voerdraad opgevoerd en met een paktang of lis vastgepakt en met de endoscoop mee naar buiten genomen. Aan de mondzijde wordt dan de PEG sonde, vastgeknoopt aan het draadje, naar binnen getrokken of over de voerdraad naar binnen geschoven totdat het plaatje aan de binnenzijde van de maagwand blijft hokken. Als profylaxe tegen het verslepen van bacteriën uit het mond-keelholte gebied is bij patiënten die geen antibiotica krijgen een half uur voor de ingreep een eenmalige toediening van antibiotica geïndiceerd. Bij een risicovolle versleping (peritoneoveneuze of ventriculoperitoneale drain) wordt antibiotica volgens het ziekenhuisprotocol gegeven die dan ook tot 24 uur na de ingreep wordt voortgezet. Bij een push PEG wordt door de holle naald een voerdraad in de maag gelegd en hierover heen een dilatator, huizende in een peel-away-sheeth, tot in de maag schroefvormig ingebracht. De dilatator wordt verwijderd en door het lumen van de peel-away-sheeth wordt de Malecott sonde of de ballon catheter opgevoerd. Hierna worden beide flappen van de peel-away-sheeth uiteengetrokken zodat deze in tweeën slijt en alleen de sonde achterblijft.

Een meta-analyse van 721 chirurgische, 837 radiologische en 4149 endoscopische en gastrostomieën laat vergelijkbare slagingspercentages (96-100%) zien met bij de chirurgische methode een niet significant verhoogde mortaliteit (2.5% versus 0.3 en 0.5%) maar wel een significant verhoogd aantal complicaties (29% versus 13.3 en 15.4%), merendeels van majeure aard<sup>(16)</sup>. De plaatsing aan het bed en de endoscopische informatie die soms het beleid kan doen veranderen bevoordelen de keuze voor een PEG<sup>(17-19)</sup>. Het materiaal van de gastrostomie is meestal polyurethaan, soms wordt op verzoek (longtransplantatie, brandwonden) silicone sondes geplaatst vanwege een beter wondgenezing bij dit inerte maar minder duurzame materiaal.

### *Risico's*

Problematisch bij chirurgische gastrostomieën is de lekkage van maagsap en wondproblemen. Bij de radiologische methode liggen de gevaren vooral in het niet afdoende aanliggen van de

maagwand tegen de buikwand en het terugvallen van de maag als de wijkjes van de Malecott sonde zich strekken of de ballon leegloopt. Bij de endoscopische plaatsing is aspiratie tijdens de endoscopie en wondinfectie een probleem. Een pneumoperitoneum heeft hier meestal geen betekenis, andere zeldzame problemen betreffen de plaatsing van de sonde door een colonlis of door de lever.

### *Controles*

Controle van de sonde betreffen vooral het niet naar binnen schieten van het aan de binnenzijde zittende plaatje, wijkje of ballon met pylorusobstructie en braken, of het zich begraven als gevolg van druknecrose onder de maagwand tussen buikwand en maagwand in. Controles op voedingstolerantie zijn makkelijk via de PEG sonde, al is het toegestane volume van maagretentie van 100 ml minder dan bij de maagsonde <sup>(10)</sup>.

### **Problemen bij het voeden over de maag**

Toediening van voeding in de dunne darm wordt meestal pas overwogen als tekenen van het niet verdragen over de maag aanwezig zijn zoals maagretentie, braken, opzetting van de buik, gastro-oesofageale reflux en aspiratie. Pas als het gebruik van prokinetica <sup>(25)</sup> geprobeerd is en geen resultaat heeft gehad is een duodenumsonde geïndiceerd. Slechts 2 omstandigheden kunnen eerder tot een jejunale sonde doen beslissen. Bij een ernstige pancreatitis kan door zwelling het lumen van het duodenum geheel dichtgedrukt worden, prokinetica zullen dan niet helpen en een jejunale sonde voorbij Treitz is dan geïndiceerd. Bij buik-rug-wisselgigging in een zandbed wordt meestal meteen tot een duodenum sonde besloten. Echter, preliminaire resultaten bij patiënten, die in buikligging op een gewoon bed met het hoofdeinde 30° omhoog worden verpleegd, ondersteunen de noodzaak van een duodenum sonde niet <sup>(26;27)</sup>.

### **Voeden via de dunne darm**

Het plaatsen van duodenum- en jejunumsondes is technisch gezien moeilijk, het moet derhalve op goede indicatie geschieden. De (theoretische) nadelen van het kortsluiten van de maag moeten hierbij worden overwogen <sup>(28;29)</sup>. Het voeden voorbij de maag kan als gevolgen hebben: een verminderde maagzuursecretie (minder bactericide effecten), een verminderde gastrinesecretie (een voor het maagdarmsstelsel trofisch hormoon), verminderde pancreas- en galsecretie met eventuele malabsorptie en of intolerantie en diarree, en mogelijk een verminderde secretie IgA secretie via de gal waardoor binnendringende bacteriën zich beter kunnen hechten. Layon et al. tonen een verminderde maagzuursecretie aan door middel van pH stripjes, en weten dit aan een verhoogde secretie van Gastric Inhibitory Protein (GIP) secretie maar dit kan niet worden bevestigd door Armstrong et al. <sup>(23;24)</sup>. Zij vinden bij voeden in het duodenum, bij vasten en bij TPN dezelfde lage waarden als ze continue de pH registreren in de maag. Mogelijk is bij het continue druppelsgewijs voeden over de maag de kans op diarree groter dan bij het continue voeden in de dunne darm <sup>(25)</sup>.

### *Indicatiestelling*

Centraal bij de aanvraag van enterale voeding staan motiliteitsstoornissen van oesofagus, maag en duodenum met als gevolg gastro-oesofageale reflux en aspiratie. Een aantal situaties van gestoorde maagontleding zijn niet typisch voor de Intensive Care situatie: een prepylorisch of duodenaal ulcus, een diabetische gastroparese, een vagotomie in het verleden en grote hoeveelheden hyperosmolare voeding belemmeren de maagontleding. Bij ondervoeding kan, door verminderen van de maagzuur- en gastrineproductie en door verminderde vertering en malabsorptie van nutriënten, de maagontleding door reflexen vanuit duodenum, jejunum en ileum worden vertraagd <sup>(32)</sup>.

Daarnaast is de wijze van voeden verantwoordelijk voor een gestoorde maagdarmmotoriek. Het MMC is het kenmerkende motorische patroon van het maagdarmsstelsel nuchter en interdigestief

(tussen de maaltijden door). Dit complex treedt eenmaal per 90-120 minuten op en kent een fase van motorische rust (fase 1), een fase van irregulaire mechanische motorische activiteit (fase 2), gevolgd door een fase gekenmerkt door reguliere propulsieve mechanische contractiegolven die krachtig met een hoge amplitudo het maagdarmstelsel schoonvegen van debris, onverteerde resten en bacteriën (fase 3). Deze belangrijke fase wordt daarom ook wel de “housekeeper” genoemd. Bij een maaltijd verdwijnen de MMCs en treedt het digestieve patroon van segmentale, stationaire, niet-propulsieve irregulaire contracties op, die dienen om het voedsel te vermengen met verteringssappen en enzymen en nutriënten hieruit efficiënt te kunnen absorberen door een langdurig contact met de mucosa.


Afhankelijk van verschillende omstandigheden kan het MMC en dus het interdigestief patroon persisteren tijdens de voeding<sup>(27)</sup>. Dit is afhankelijk van de nutritionele belasting (eerder bij langzaam druppelen, eerder bij een energie load van 1.5 kcal/kg/uur<sup>(34)</sup> en de fysische, chemische en nutritionele samenstelling van de voeding (eerder bij oligopeptiden in plaats van eiwitten en MCT in plaats van LCT). Hoewel auteurs verschillen in de bevindingen over de mate waarin MMCs persisteren bij het voeden in de maag vindt men consistent bij het voeden in het duodenum postprandiaal een digestief patroon en eens te meer naarmate de energie belasting groter wordt (door bijvoorbeeld 100 kcal in plaats van 30 kcal per uur te geven)<sup>(28)</sup>.

Behalve deze met de voeding samenhangende verstoring in de regulatie van interdigestief en digestief motorisch patroon zijn een aantal omstandigheden typisch voor de Intensive Care:

1. *Ernstig neurotrauma*. Bij een verlaagd bewustzijn waarbij de Glasgow Coma Scale (GCS) 12 of minder bedraagt, is de druk in de onderste slokdarm sfincter niet 20 mm Hg positief maar 0,5 mm Hg negatief. Dit betekent een afwezig sfinctermechanisme met de mogelijkheid van het terugvloeien van de maaginhoud naar de slokdarm bij elke intra-abdominale drukverhoging<sup>(10)</sup>. Berucht is hier ook de ernst en duur van de gastroparese<sup>(29)</sup>. Slechts 16% normaliseert binnen een week en 15% blijft tot na de IC opname gestoord. Merendeels duurt deze gastroparese 2 tot 3 weken. De vertraging van de maagontleding is hierbij omgekeerd evenredig aan de hoogte van de intracraniale druk en de ernst van het schedeltrauma<sup>(30;31)</sup>.
2. *Grote abdominale chirurgie, buiktrauma en darmparese na grote verbrandingen*. Hierbij liggen maag (3-4 uur voor vloeibaar en 24-48 uur voor vast voedsel) en het colon (48-72 uur) langdurig stil en is er sprake van gastroduodenale dissociatie. Coördinatioestoornissen tussen maag en dunne darm maken voeding in de maag onmogelijk maar wel uitvoerbaar in de dunne darm met het bypassen van de maag.
3. *Beademing*. De hierbij gebruikte sedativa van morfine, midazolam en propofol blijken het interdigestieve patroon van MMCs tijdens vasten en intragastrisch voeden te veranderen: tijdens vasten ontbreken in de maag de fase 3 activiteitsfronten. In het duodenum is de fase 1 verlengd en de fase 2 verkort en zijn de fase 3 activiteitsfronten retrograad, aboraal en stationair zodat er van de housekeeper actie niet veel terecht komt en bacteriële overgroei kan optreden<sup>(27;32;33)</sup>. Tijdens enteraal voeden blijven de MMCs bestaan, ze treden nu driemaal frequenter elke 32 minuten op en fase 2 activiteit is geheel verdwenen. De fase 3 activiteitsgolven starten merendeels in het duodenum en dit resulteert in ontledigingsstoornissen op maagniveau en versnelde passage op dunne darm niveau resulterend in diarree. Dit alles verbetert aanzienlijk als de patiënt gaat ontwennen van de beademing maar normaliseert pas na het staken van de morfine<sup>(34)</sup>.
4. *Medicatie*. Zeer vele medicijnen interferen negatief met de motiliteit zoals benzodiazepines, morfine, dopamine, noradrenaline, nitraten en H<sub>2</sub> receptor blokkers<sup>(35)</sup>. Door dit alles heen hebben Corticotrophin Releasing Factor (CRF), endogene opiaten, cytokines zoals IL-1 en hyperglycaemie een vertragend effect op de maag<sup>(29;32;36)</sup>.

Zoals vermeld <sup>(25)</sup> moet eerst de medicatie zoveel mogelijk worden gesaneerd en als dat onvoldoende is, moeten prokinetica worden gegeven. Pas bij falen hiervan komt de dunne darm sonde in beeld.

#### *Duodenum- of jejunumsonde?*

Uit dierexperimenteel onderzoek bij honden blijkt de ligging voorbij het ligament van Treitz cruciaal om terugvloed van sondevoeding en het disloceren van de sonde naar de maag te voorkomen. Dit is uitgebreid onderzocht en bevestigd bij vrijwilligers door Gustke et al. <sup>(37)</sup>. Een sonde met de tip in Treitz moet bij een platliggende beademde IC patiënt als duodenale sonde worden bestemd. . Op zich is de ligging in het duodenum om de gastroduodenale dissociatie te omzeilen dus voldoende.

Dat ligt echter anders bij het voeden voorbij de maag vanwege aspiratie en pneumonie: een verminderde duodenogastrische en daardoor een verminderde gastro-oesofageale reflux, het behoud van een zure maaginhoud door het infunderen van de voeding met een pH van 6 tot 7 diep in het jejunum en daardoor verminderde nosocomiale infecties vanuit het maagreservoir worden hierbij belangrijk geacht. Toch tonen de vele studies die over de maag en dunne darm gevoede patiënten hebben vergeleken, geen reductie van de kans op aspiratie en pneumonie (level A evidence) maar wel een duidelijk betere gastrointestinale tolerantie en het behalen van het voedingsvoorschrift <sup>(22;38-43)</sup> (Tabel 1). Boivin & Levy tonen aan dat voeden over de maag met erythromycine 200 mg elke 8 uur intraveneus equivalent is met voeden transpylorisch wat betreft het behalen van het voedingsdoel; het voorkomen van pneumonie is niet onderzocht <sup>(55)</sup>. Als verklaring voor het uitblijven van een effect op aspiratie (pneumonie) wordt naar voren geschoven: een grotere zorg van de verpleging voor de maagsonde met het opleggen van dezelfde beperkingen die gelden voor de maagsonde bij patiënten met een jejunumsonde (in studies waar niet werd geblindeerd voor de ligging van de sonde), het niet ontdekken van maagretentie bij een duodenumsonde, de reflux van voeding terug in de maag, de toename van maagsecretie door voeding in de dunne darm (in de normale situatie 1,5 liter per dag maar volgens sommigen toenemend bij voeding postpylorisch), de extra rem op de maagontleding door remmende effecten vanuit de dunne darm (jejunaal en ileaal braken) en een belangrijker geachte bijdrage niet van maaginhoud maar van orofaryngeaal secretie (in de normale situatie 1 liter per dag) <sup>(43-47)</sup>. Echter, in vele studies ligt de sonde relatief proximaal in het 2<sup>e</sup> deel van het duodenum <sup>(48-51)</sup>, bij uitzondering wordt de sondeligging tijdens de studie gecontroleerd <sup>(48;51;53)</sup> en slechts 3 studies vermelden expliciet dat zowel een dunne sonde voor voeden als een sonde voor maaghevelen of retentie meten ook bij voeden in de de dunne darm aanwezig is <sup>(52-54)</sup>. Interessant is te zien dat in deze studies minder maagretentie, minder gastro-oesofageale reflux en minder microaspiratie optreedt, al vertaalt zich dit niet in een verminderd aantal pneumonieën. Alle genoemde studies hebben echter hetzelfde probleem: de noodzaak van grote aantallen patiënten gebaseerd op statistische power berekeningen. Heyland et al. kunnen een trend van minder microaspiratie aantonen naarmate verder weg van de pylorus gevoed werd <sup>(52)</sup>. Het belang van het distaal van Treitz voeden komt naar voren in een grote prospectieve studie van Weltz et al. bij patiënten met, of at risk voor, een aspiratiepneumonie <sup>(48)</sup>. Het chirurgisch aanleggen van een jejunostomie reduceerde het totale aantal aspiratiepneumonieën van 18% naar 8% en het aan voeding gerelateerde aantal aspiratiepneumoniën van 13% naar 4%. Concluderend is er level A bewijs dat intraduodenaal voeden gelijk is aan voeden over de maag ten aanzien van de kans op aspiratie. Intraduodenaal voeden is superieur ten aanzien van het verdragen en het halen van het voedingsdoel tenzij er een prokineticum wordt gegeven. Duodenaal of intrajejunaal voeden met het leeghouden van de maag vermindert de risicofactoren voor aspiratie (level A evidence).

### ***Duodenum / jejunum sonde***

Technisch gezien is vooral het plaatsen van jejunale sondes moeilijk <sup>(20)</sup>. In tabel 2 en 3 staan de resultaten van de studies van de laatste 10 jaar vermeld bij kinderen en volwassenen met daarbij het aantal daadwerkelijk in het jejunum geplaatste sondes <sup>(61-77)</sup>.

#### ***Blinde plaatsing***

Sondes kunnen blind op de IC in de maag geplaatst worden waarbij 5-15% van de sondes spontaan naar het duodenum zal migreren. Verzwaring van het uiteinde van de sonde heeft in vergelijking met niet verzwaarde sondes geen voordeel <sup>(49;50)</sup>. De self-propelling Bengmark sonde blijkt ook niet beter dan een niet verzwaarde of verzwaarde sonde <sup>(20)</sup>.

Plaatsing met behulp van de cork-screw methode en met de cork screw methode in combinatie met luchtinsufflatie bij een patiënt in linker zijligging blijkt in ervaren handen zeer succesvol. De sonde wordt hierbij met voerdraad tot in de maag ingebracht en daarna iets teruggetrokken in de slokdarm. De voerdraad wordt er dan uitgehaald en in een bocht van 30° gebogen en weer in de sonde opgevoerd. Door kurkentrekker bewegingen te maken wordt dan geprobeerd de pylorus aan te raken, hetgeen Thurlow bij 90% in 15 en Zaloga bij 92% in 40 minuten lukt <sup>(51-53)</sup>. Slechts 17% ligt in het jejunum <sup>(52)</sup>.

De methode van luchtinsufflatie slaagt in 66-99% van de gevallen met het grootste succes in kinderen <sup>(54-56)</sup>. Hierbij wordt de sonde met voerdraad tot in de maag opgevoerd waarna bij kinderen 10 ml/kg en bij volwassenen 500 ml lucht wordt ingeblazen en de sonde wordt opgevoerd tot voldoende lengte om het distale duodenum te bereiken. Luchtinsufflatie dient om door maagdistensie de pylorus te openen en de maagmotiliteit te stimuleren. Pogingen om met prokinetica de sonde voorbij de pylorus te krijgen geven zeer uiteenlopende resultaten waarbij met erythromycine beter resultaten worden gemeld dan met metoclopramide in gerandomiseerde prospectieve placebo gecontroleerde onderzoek <sup>(49;50;57-59)</sup>. Belangrijk is te realiseren dat erythromycine in een dosering van 0,1-0,375 mg/kg de antrale fase 3 contracties van het MMC stimuleert maar in hogere doseringen van 0,375-1,5 mg/kg de distale migratie van deze activiteitgolven naar het duodenum remt en zo dus contraproductief zou kunnen werken <sup>(58)</sup>. Dat is mogelijk ook de verklaring voor de negatieve studie met erythromycine bij kinderen waarbij een dosering van 10 mg/kg werd gegeven <sup>(77)</sup>. Als de gegevens van volwassenen en kinderen samen beschouwd worden (tabel 2 en 3) is er level A bewijs voor het ontbreken van voordeel van erythromycine bij het plaatsen van sondes en level A evidence voor de superioriteit van de plaatsing met behulp van luchtinsufflatie.

#### ***Plaatsing onder doorlichting***

Sondes kunnen ook met behulp van röntgendoorlichting geplaatst worden. Zeer ervaren radiologen laten succesvolle plaatsing voorbij de pylorus in 87-91% zien in 22-31 minuten <sup>(60-62)</sup>. Problemen werden vooral ondervonden bij een grote hiatus hernia, maagduodenum chirurgie en neoplasmata. Huerta en Puri kwamen in 90% na 9 minuten doorlichting voorbij de pylorus waarvan 53% in het jejunum <sup>(63)</sup>. Nadeel van de methode is het transport naar de röntgenafdeling.

#### ***Plaatsing met behulp van endoscopie***

Endoscopische plaatsing blijkt zeer succesvol: over de voerdraad lukte dat bij Strong in 82% <sup>(40)</sup>. In eigen onderzoek blijkt dit in alle gevallen (na een tweede poging bij 7%) mogelijk in een gemiddelde procedure tijd van 13 minuten (inclusief inspectie van oesofagus, maag en duodenum). Plaatsing ver in het jejunum lukte in 67% <sup>(69)</sup>. Sondes kunnen ook langs de endoscoop worden meegenomen of door het biopsiekanaal worden opgevoerd <sup>(40;70)2</sup>. Aparte vermelding verdienen 2 sondes van polyurethaan uit één stuk met een dikker deel voor het afzuigen in de maag en een dunner doorlopend deel naar het jejunum om te voeden. De maagsonde varieert in diameter tussen

15-20 Ch en beiden hebben een Ch 9 jejunale voedingssonde. Binnen 12 tot 20 minuten zijn beide sondes endoscopisch op de goede plaats gepositioneerd <sup>(76-78)</sup>.

Grathwohl gebruikt een angioscoop die hij door het lumen van de sonde opvoert en in alle gevallen met succes het duodenum bereikt, de lengte van de angioscoop belemmerde diepere plaatsing dan het derde deel van het duodenum <sup>(74)</sup>.

Een extra voordeel bij endoscopie is het vinden van klinisch belangrijke afwijkingen die het beleid kunnen veranderen <sup>(75)</sup>. Nadelen zijn een verhoging van de intracraniale druk en cardiovasculaire veranderingen bij een hemodynamisch instabiele patiënt.

#### *Andere wijzen van plaatsing*

Levy kan sondes in 69% in 8 minuten voorbij de pylorus en zelfs in 75% in het jejunum plaatsen met behulp van electromyografie <sup>(64)</sup>. Plaatsing met behulp van echografie en met behulp van een 300 Gauss magneet zijn ook beschreven <sup>(20)</sup>. De pH metende sonde lijkt bij kinderen betere resultaten te geven (97% versus gewone sondes 53%) dan bij volwassenen (53% versus 45%, en in niet gecontroleerde studies met succes in 79-81%) <sup>(57;65)</sup>.

#### ***Jejunostomie***

Een jejunostomie wordt meestal protocollair aangelegd bij grote chirurgische interventies zoals oesofagus-cardia resecties of Whipple operaties. Dit zijn meestal naaldcatheter jejunostomieën die subserosaal worden getunneld ter vermijding van lekkage. Ze hebben vanwege een dunne diameter (Ch 9) een hoge kans op verstopping en uitvallen. Een jejunostomie kan ook direct door zeer ervaren personen percutaan endoscopisch worden aangelegd <sup>(79)</sup>. Veelal wordt, gezien de eenvoud en de mogelijkheid van het tezelfdertijd leeg houden van de maag, gekozen voor het percutaan aanleggen van een Ch 20 gastrostomie waardoorheen via een tweede endoscopie een Ch 9-Ch 12, 60-100 cm lange sonde voorbij Treitz wordt gelegd. Vooral het leeg kunnen houden van de maag heeft dan een groot voordeel <sup>(15;80-82)</sup>. Radiologische plaatsing van een jejunostomie kan alleen als men kan volstaan met echografie als hulpmiddel, waarbij men het jejunum direct aanprikt. Ook kan men onder röntgen doorlichting, na eerst een gastrostomie te hebben aangelegd, volgens de Seldinger methode een sonde door de pylorus heen manoeuvreren.

#### ***Conclusie***

Vooraleer de beslissing tot voeden wordt genomen, dient de algehele hemodynamische situatie en de lokale situatie op darmniveau te worden beoordeeld en dient men te besluiten tot gut-oriented feeding (alleen voeden om nutriënten aan de enterocyt en colonocyt aan te bieden) of patient-oriented feeding. Voeden over de maag via een nasogastrische sonde is de eerste keuze waarbij men alleen bij het ongewenst zijn van een sonde in neus of mond (liquorrhoe of aangezichtstrauma) direct tot een toegang via de buikwand beslist. Een ernstige pancreatitis met dichtdrukken van het duodenum vereist een sonde die dit traject overbrugt, bij buik-rug-wisselgigging wordt meestal nog een duodenumsonde ingebracht aangezien de bewijzen dat voeden over de maag mogelijk is nog slechts preliminair zijn. Als langdurig voeden over de maag wordt verwacht, is dit een indicatie tot het plaatsen van een gastrostomie. Gastrointestinale dissociatie is een veelvuldig voorkomend verschijnsel op de IC leidend tot verhoogde maagretenties en braken. Het bypassen van de maag door een duodenum sonde kan dan geïndiceerd zijn. Er is overtuigend level A bewijs dat voeden voorbij de maag niet het risico op aspiratie en (aspiratie) pneumonie vermindert, al moet gesteld worden dat het onderzoek naar het effect van plaatsing van sondes dieper, voorbij Treitz, ontbreekt. Op welke wijze de sonde geplaatst wordt is afhankelijk van de lokale expertise. Het minst invasief en met level A bewijs gestaafd is de plaatsing met behulp van luchtinsufflatie bij kinderen. Endoscopische plaatsing heeft het additionele voordeel van inspectie van oesofagus, maag en dunne darm. Vooralsnog is er geen bewijs voor succesvolle plaatsing met behulp van prokinetica.

## TOEDIENINGSWIJZE

Bij het starten van sondevoeding is hemodynamische stabiliteit een voorwaarde. Rombeau stelde hiertoe een aantal voorwaarden op waarbij redelijkerwijs enterale voeding gestart en verdragen zou worden: een cardiac index  $> 2$  l/min/m<sup>2</sup>, gemiddelde arteriële bloeddruk  $> 70$  mm Hg zonder  $\alpha$ -sympaticomimetica, een arteriële O<sub>2</sub> saturatie  $> 95\%$  bij een FiO<sub>2</sub>  $< 60\%$  en  $< 5$  cm PEEP<sup>(98)</sup>. Dit bleek in retrospectief onderzoek bij 149 IC patiënten bruikbaar om intolerantie te voorspellen<sup>(99)</sup>. In de dagelijkse praktijk kan, mits de buik bij onderzoek niet geprikkeld is, bij patiënten met een stabiele circulatie onder catecholamines en bij hogere PEEP worden gevoed.

Ook lokaal op darmniveau speelt de hemodynamiek een rol<sup>(100)</sup>. Bij het toedienen van sondevoeding kunnen splanchnicus perfusie en adequate suppletie van nutriënten diametraal tegenover elkaar staan. Echte splanchnicusischemie als complicatie van low flow states en relatieve splanchnicusischemie door sepsis en endotoxinemie zouden door de verhoogde behoefte aan O<sub>2</sub>, als gevolg van het voeden, kunnen verergeren<sup>(2;83)</sup>. In de villus is er een zekere mate van autoregulatie van de intestinale bloedstroom met een tegenstroom uitwisselingsprincipe voor O<sub>2</sub>. Voorzichtig voeden kan, gebruik makende van deze autoregulatie, leiden tot het verhogen van de mesenteriale flow en het reduceren van de kans op ischemie, zeker bij continue gedoseerde toediening van voeding in het duodenum<sup>(84;85)</sup>. Dit voorzichtige beleid kan interfereren met de volledige voorziening van nutriënten aan de patiënt<sup>(104)</sup>. In deze situatie kiest men voor gut-oriented feeding in plaats van patient-oriented feeding (waarbij de behoeften dan tijdelijk door parenterale voeding moeten worden aangevuld): centraal staat de voorziening van nutriënten voor de enterocyt en colonocyt waarbij uit dierexperimenteel en humaan onderzoek een dekking van 50% van de energetische behoefte voldoende bleek<sup>(86-88)</sup>. Bij de mens is dit al met 30 mL/uur haalbaar indien energie-rijke sondevoeding van 1,5 kcal/mL wordt gebruikt.

Aangezien vroeg enterale voeding wordt nagestreefd, is de maag de eerste en gemakkelijkste toegangsweg. Het belang van protocollen komt hierbij duidelijk naar voren. Heyland et al. analyseerden hiertoe eerst de gebruikelijke situatie prospectief aan de hand van 99 patiënten die langer dan 3 dagen op de IC zouden verblijven en nog geen enterale voeding hadden<sup>(89)</sup>. Bij 26 werd de voeding nooit gestart vanwege afwezige peristaltiek, teveel maagretentie of contra-indicaties. Bij kritische beschouwing hadden hiervan 18 patiënten wel gevoed kunnen worden. Van de 73 patiënten die over de maag konden worden gevoed, bleek na gemiddeld 3 dagen, dat 35 patiënten 90% van de gestelde behoefte binnen 48 uur te kunnen halen zonder gastrointestinale klachten en 38 konden slechts kleine hoeveelheden verdragen door teveel maagretentie, sondeproblemen, onderzoeksprocedures en braken. Ook bij 21 van hen bleek dit achteraf vermijdbaar te zijn geweest. Uiteindelijk zouden er van de 64 niet (goed) gevoede mensen 37 wel en 25 niet te voeden zijn geweest.

Hieruit kwam een IC richtlijn omtrent het vroegtijdig, binnen 24 uur, over de maag voeden, die in prospectief onderzoek met gunstig resultaat werd gevalideerd<sup>(90;91)</sup>. Men startte met 10 mL/uur direct bij binnenkomst en controleerde de maagretentie elke 4 uur waarbij de gemeten hoeveelheid teruggegeven werd. Het hoofdeinde lag 30 graden omhoog. Als over 12 uur minder dan 200 mL retentie gevonden werd dan ging men met 25 mL/uur per 12 uur omhoog. Werd meer dan 200 mL gevonden zonder duidelijke verschijnselen dan werd de voeding met 25 mL/uur verminderd over de eerstvolgende 12 uur. Waren er bij een retentie van 200 ml wel verschijnselen aanwezig, dan werd de voeding 4 uur onderbroken en na 4 uur opnieuw de maagretentie bepaald. Zodra deze minder dan 200 mL was werd de voeding weer met 25 mL/u gestart. Met dit beleid bleek 65% op dag 1 en 94% op dag 2 iets van voeding te krijgen. Binnen 3 dagen bleek 90% van de behoefte te kunnen worden gehaald door 42% van de patiënten. Indien voldoende voeding op deze wijze niet lukte, hetgeen bij 24% het geval was -een opvallende gelijkenis met de initiële evaluatie, ook daar 25%-dan werd op de 3<sup>e</sup> dag van opname tot een jejunale sonde besloten en meteen ingebracht.

De meeste winst werd behaald door regels te stellen aan de redenen van onderbreking van de sondevoeding: procedures en diagnostiek mochten niet langer dan 4 uur een voedingsstop veroorzaken, uitgevallen maagsondes moesten binnen 1,5 uur herplaatst worden, bij retentie van  $\leq 200$  ml mocht de sondevoeding niet onderbroken worden, bij retentie  $> 200$  ml was een onderbreking van 2 uur toegestaan<sup>(21;92-94)</sup>. Het implementeren van het protocol bleek heel belangrijk: artsen die het protocol niet volgden haalden significant slechtere resultaten met te weinig bestellen en te weinig daadwerkelijk toedienen, bij hen bereikte bijna een helft minder patiënten 90% van de dagelijkse behoefte op dag 3<sup>(92)</sup>.

Bij onderzoek op 5 ICs in het Verenigd Koninkrijk blijken ICs met een protocol 100% van het optimum voor te schrijven en 87% daadwerkelijk toe te dienen tegenover 78% en 66% in ICs zonder protocol<sup>(95)</sup>.

In een poging tot protocollair benaderen van de toediening van voeding bouwden andere auteurs ingewikkelde beslisbomen met prokinetica waarbij meestal erythromycine (intraveneus of opgelost in de sondevoeding) of cisapride (via de maag of als zetpil waarbij 30 mg mogelijk niet, maar 60 mg wel werkzaam is met spiegels van meer dan 50 ng/mL<sup>(96;97)5)</sup>) gebruikt werden<sup>(36;98;99)</sup>. Als het schema mislukt komt men soms pas na 4 volle dagen tot de beslissing van een jejunale sonde. Als binnen 5 tot 7 dagen niet 60-75% van het doel wordt bereikt, wordt totale of supplementaire parenterale voeding geadviseerd<sup>(83;100)</sup>.

De literatuur overziende (Tabel 1) wordt in het algemeen gestart met 20-25 mL/uur en vrij snel met 20-25 mL per 4 uur opgevoerd, hierin geleid door de mate van maagretentie (150 mL/4 uur tot 250 mL/6 uur) of andere symptomen van intolerantie (braken, buikopzetting). In het schema Maatregelen<sup>(25)</sup> betekent dit starten met 20 mL/uur en per 6 uur omhoog gaan met 20 mL/uur tot het doel is bereikt. Een retentie van  $< 250$  mL per 6 uur gemeten zonder braken of opzetting van de buik wordt hierbij geaccepteerd. Is er tweemaal achtereen  $> 150$  mL retentie gemeten dan wordt eerst een prokineticum toegediend en indien bij de volgende twee retentie metingen onverminderd  $> 250$  mL wordt gevonden wordt overgegaan tot een duodenumsonde. Dit betekent bij intolerantie een uitstel van 24 uur alvorens de beslissing tot het plaatsen van een duodenumsonde.

Nog een aparte bespreking verdient de toedieningswijze gericht op het voorkomen van nosocomiale pneumonie of Ventilator Associated Pneumonia (VAP), ervan uitgaand dat maagcolonisatie hierbij een belangrijke rol speelt<sup>(101-103)</sup>. Verschillende auteurs proberen de maag pH zuur te krijgen en te houden door intermitterend (18 uur wel en 6 uur niet) te voeden. Lee en Jacobs vinden een significant voordeel van intermitterend voeden ten opzichte van een historische controle groep op continue voeding, hetgeen in prospectief onderzoek op trachea aspiraten kon worden bevestigd door Skiest<sup>(104-108)</sup>. Bonten et al. konden dit niet bevestigen<sup>(109)</sup>. Wel bleek in het merendeel van de studies dat intermitterend voeden resulteerde in een beter voedingsresultaat, mogelijk omdat bij het achterblijven op het voedingsschema de achtergebleven voeding werd ingehaald. Indien besloten wordt intermitterend te voeden moet de glucose regulatie door middel van insuline worden aangepast om ongewenste hypoglycaemieën te voorkomen.

Het aanzuren van de voeding tot een pH van 3,5 in plaats van de normale pH van 6,5 bleek wel de maagcolonisatie te verminderen, echter zonder effect op de incidentie van pneumonieën. Het fysiologisch zijn van deze voeding werd ter discussie gesteld aangezien de mortaliteit (niet significant) en de morbiditeit en de gastrointestinale intolerantie significant hoger waren in de aangezuurde groep<sup>(110)</sup>.

### **Conclusie**

Het ophogen van de sondevoeding staat en valt met een goede maagretentie meting, een gemotiveerde staf, het opstellen van protocollen en het geven van prokinetica. Een gemakkelijke toegang tot het kunnen laten plaatsen van een jejunale sonde is vereist waarbij 2 dagen van proberen

## Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

te voeden over de maag acceptabel lijkt. Gestart wordt met 20 mL/uur, te verhogen met 20 mL/uur iedere 6 uur mits de maagretentie binnen 250 mL blijft. Is de retentie tweemaal achtereenvolgens te hoog dan wordt gestart met prokinetica en wederom twee 6-uurs metingen afgewacht. Zijn deze metingen ondanks prokinetica nog steeds > 250 mL dan wordt tot een duodenumsonde overgegaan. Voeden over het jejunum evenals intermitterend voeden garanderen op een eerder tijdstip een beter voedingsresultaat.

Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

Tabel 1 Resultaten van gerandomiseerde klinische trials ten aanzien van postpylorisch voeden en (aspiratie) pneumonie

Auteur/ jaar	Type studie	N totaal; N maag=M; duodenaal=D, jejunaal=J	Plaatsing en ligging sonde/ Controle ligging	Maagretentie prokineticum # = stop voeding	Opvoeren voeding	Outcome	Bias/level
Montecalvo 1992	RCT	N=69; 19 M; 19 J IC	endoscopisch; jejunaal; rö	# als 2x >250 ml, hoofd 30°	25 mL/u, met 25 mL/u per 24u omhoog	(mogelijke) pneumonie jej. 21.1% versus maag 31.6%(ns), jejunaal hoger % voedingsdoel en hoger prealbumine(ss)	poweranalyse 313 patiënten/ arm, niveau II
Strong 1992	RCT	N=31; 17 M; 16 D zelfde GCS neurol. IC	> DII; rö, pH	100 ml, hoofd 30-45°	50 mL/u, met 25 mL/u per 12u omhoog	pneumonie duod. 40% versus maag 31.3%(ns), voedingsdoel en maagdarm problemen hetzelfde	niveau II
Kortbeek 1999	RCT	N=80; 43 M; 37 D trauma, >75% hoofd trauma; IC	ligging en controle ?; rö plaatsing	# als >250ml /4u, prokine-ticum als 3x#	25mL/u, met 25mL/u per 4u omhoog	pneumonie duod. 27% versus maag 42%(ns), duodenaal voedingsdoel 9.8u eerder	poweranalyse 200 patiënten/ arm, niveau II
Kearns 2000	RCT	N=63; 23 M; 21 D IC	bedside plaat-sing; 24% DII, 28% DIII, 48% ≥ DIV; rö	# als > 150 ml/4u, hoofd 30°		pneumonie duod. 19% versus maag 13%(ns), duodenaal hoger kcal en eiwitintake	niveau II
Esparza 2001	RCT	N=55; 27 M; 24 D IC	rö, EMG, prokinetica; EMG	# als >150 ml/4u, hoofd 30°	20mL/u, met 20mL/u per 4u omhoog	aspiratie Te <sup>99m</sup> duod. 13% versus maag 7%(ns); bij maagretentie en prokinetica geen aspiratie, wel indien geen prokinetica	sample size berekend op 54 patiënten, niveau I
Heyland 2001	RCT	N=39; 21 M; 18 D IC	blind of endoscopisch, beide groepen maag hevel; rö	> 200 ml terug naar 25 ml/u of prokinetica	25mL/u, met 25 mL/u per 4u omhoog	GE reflux duod. 24.9% versus maag 39.8%(ss); microaspiratie duod. 3.9% versus maag 7.5%(ns); trend van minder microaspiratie naarmate verder weg van maag	poweranalyse 200 patiënten/ arm, niveau II
Davies 2002	RCT	N=73; 34 M; 39 D IC	endoscopisch, beide groepen maaghevel; elke dag rö	# als > 250 ml/6u	20mL/u, met 20mL/u per 4u omhoog	pneumonie duod. 6% versus maag 3%(ns); maagretentie na 24 u duod. 197 ml versus maag 491 ml(ss); na 48u duod. 517 ml versus maag 977 ml(ss); maagretentie >150 ml duod. 32% versus maag 74%(ss)	poweranalyse 35 patiënten/ arm, niveau I
Montejo 2002	RCT	N=316; 51 M; 50 J IC, multicentre	endoscopisch, rö, blind; nasogastrisch versus dubbel lumen nasogas-tric-enteral tube, rö	# gedurende 6 u als ≥ 300 ml/6u	binnen 48u volledig schema voeden	pneumonie duod. 32% versus maag 40%(ns); maagretentie duod. 2% versus maag 49%(ss); GI complicaties duod. 24% versus maag 57%(ss)	poweranalyse n=76 patiënten/ arm, niveau II
RCT = Randomized Controlled Trial, M = maagsonde, D = duodenumsonde (DII, DIII & DIV = resp 2 <sup>de</sup> , 3 <sup>de</sup> & 4 <sup>de</sup> deel van het duodenum), J = jejunumsonde, rö = röntgen							
ns = niet significant, ss = statistisch significant & N=omvang onderzoekspopulaite							

Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

Tabel 2 Resultaten van diverse wijzen van sondeplaatsingen op de IC bij volwassenen (\* = statistisch significant)

Auteur/ jaar	Type patiënt (N pat. / N sondes)	Methode volwassenen	Plaatsing		Duur plaatsing	Type studie	Kwaliteit studie
			Postpylorisch (%)	Intrajeunaal (%)			
Zaloga 1991	ICU (231/231)	Bedside corkscrew + air	92	17	40 min.	Prospectief	Niveau IV
Chen 2000	ICU 68 % (257/257)	Bedside	36	5	?	Retrospectief	Niveau IV
Nicholas 2001	ICU 95 % (93/101)	Bedside tube stiffening	95	51	28 min.	Prospectief	Niveau IV
Hillard 1995	ICU (214/368) 126 242	Fluoroscopisch Bedside	91 17	? ?	9.0 ?	Retrospectief	Niveau IV
Kalliafas 1996	ICU (57/57) 31 26	Erythromycine Placebo	61 35	? ?	? ?	RCT	Niveau I
Huerta 1999	ICU (32/32) 17 15	Fluorosc+metocl. Blind bedside	88 20	? ?	? ?	RCT	Niveau I
Salasidis 1998	ICU (66/66) 32 34	Lucht insufflatie Standaard	66 35	6 0	2-4 min ?	RCT	Niveau I
Mathus 1993	ICU (45/45)	Endoscopie, voerdraad, sonde	93	67	13 min.	RCT	Niveau II
Damore 1997	? (21/21)	Endoscopische sonde door biopsiekanaal	100	52	31 min.	Prospectief	Niveau IV
Reed 1998	ICU (61/71) ICU (23/24)	Endoscopische sonde door biopsiekanaal	100 100	? 73	? 29 min.	Retrospectief Prospectief	Niveau IV Niveau IV
Napolitano 1998	ICU (35/35)	Endoscopisch meenemen sonde	97	?	12 min.	Prospectief	Niveau IV
Brandt 1999	ICU (56/66)	Endoscopische sonde door biopsiekanaal	91	?	15 min.	Retrospectief	Niveau IV
Baskin 1995	ICU (37/42)	Nasogastrisch af- zuigen, jejunaal voeden (endosc.)	100	100	20 min.	Prospectief	Niveau IV

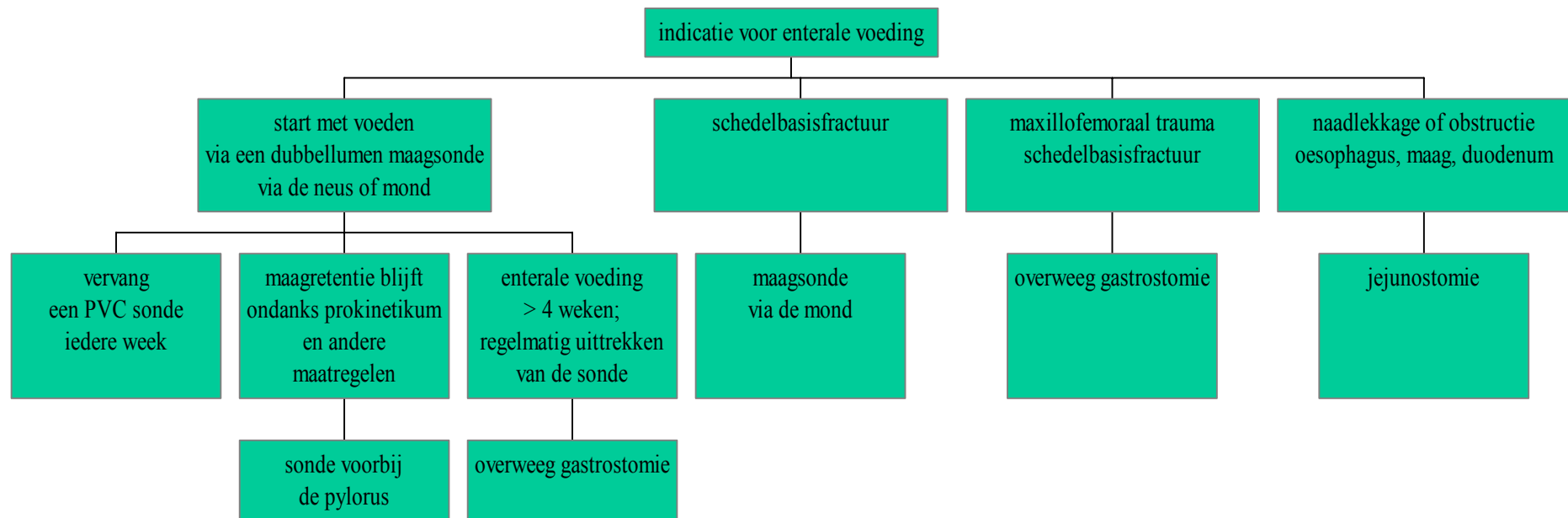
Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

Patrick 1997	ICU (54/54)	Nasogastrisch afzuigen, jejunaal voeden (endosc.)	94	?	12 min.	Retrospectief	Niveau IV
--------------	-------------	---	----	---	---------	---------------	-----------

**Tabel 3 Resultaten van diverse wijzen van sondeplaatsingen op de IC bij kinderen (\* = statistisch significant)**

Auteur/ jaar	Type patiënt (N pat. / N sondes)	Methode kinderen	Plaatsing		Duur plaatsing	Type studie	Kwaliteit studie
			Postpylorus (%)	Intrajejunaal (%)			
Harrison 1997	ICU (75/75)	Bedside  Metoclopramide, lucht insufflatie	99	81	10 min.	Prospectief	Niveau IV
Spalding 2000	ICU (50/50) 25 25	Lucht insufflatie Standaard	92 * 44	? ?	58 min. 284 min.	RCT	Niveau I
Gharpure 2001	ICU (74/74) 37 37	Corkscrew + Erythromycine Placebo	62 73	? ?	? ?	RCT	Niveau I

## Toedieningswegen en -wijzen van enterale voeding op de intensive care



Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care  
Reference List

- (1) Kirby DF, DeLegge MH, Fleming CR. American Gastroenterological Association technical review on tube feeding for enteral nutrition. *Gastroenterology* 1995; 108(4):1282-1301.
- (2) Jolliet P, Pichard C, Biolo G, Chioloro R, Grimble G, Leverve X et al. Enteral nutrition in intensive care patients: a practical approach. Working Group on Nutrition and Metabolism, ESICM. European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med* 1998; 24(8):848-859.
- (3) Lin HC, Van Citters GW. Stopping enteral feeding for arbitrary gastric residual volume may not be physiologically sound: results of a computer simulation model. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1997; 21(5):286-289.
- (4) Braga M, Gianotti L, Vignali A, Cestari A, Bisagni P, Di C, V. Artificial nutrition after major abdominal surgery: impact of route of administration and composition of the diet. *Crit Care Med* 1998; 26(1):24-30.
- (5) Vidon N, Hecketsweiller P, Cortot A, Bernier J. A study of the absorption of an elemental diet administered by continuous jejunal perfusion: the effect of the rate of perfusion and the concentration upon the absorption of the nutrients. *Gastroenterol Clin Biol* 1997;1:257-266.
- (6) Boyes RJ, Kruse JA. Nasogastric and nasoenteric intubation. *Crit Care Clin* 1992; 8(4):865-878.
- (7) Hirsch WH, Piontek CJ. Design and production of enteral feeding tubes. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 1998; 8(3):611-621.
- (8) Powell KS, Marcard SP, Farrior ES, Gallagher ML. Aspirating gastric residuals causes occlusion of small-bore feeding tubes. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1993; 17:243-246.
- (9) Levy H. Nasogastric and nasoenteric feeding tubes. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 1998; 8(3):529-549.
- (10) McClave SA, Snider HL, Lowen CC, McLaughlin AJ, Green LM, McCombs RJ et al. Use of residual volume as marker for enteral feeding intolerance: prospective blinded comparison with physical examination and radiographic findings. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1992; 16:99-105.
- (11) Kirby DF, Teran JC. Enteral feeding in critical care, gastrointestinal diseases, and cancer. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 1998; 8(3):623-643.
- (12) Ferrer M, Bauer TT, Torres A, Hernandez C, Piera C. Effect of nasogastric tube size on gastroesophageal reflux and microaspiration in intubated patients. *Ann Int Med* 1999;130(12):991-994.
- (13) Castell DO. Nasogastric tubes permit reflux and aspiration: is there any evidence? *Ann Int Med* 2000;132(7):594-595.
- (14) Coben RM, Weintraub A, DiMarino AJ Jr, Cohen S. Gastroesophageal reflux during gastrostomy feeding. *Gastroenterology* 1994; 106:13-18.
- (15) Saxe JM, Ledgerwood AM, Lucas CE, Lucas WF. Lower esophageal sphincter dysfunction precludes safe gastric feeding after head injury. *J Trauma* 1994; 37(4):581-584.

Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

- (16) Ibanez J, Penafiel A, Raurich JM, Marse P, Jorda R, Mata F. Gastroesophageal reflux in intubated patients receiving enteral nutrition: effect of supine and semirecumbent positions. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1992; 16(5):419-422.
- (17) Torres A, Serra-Batlles J, Ros E, Piera C, Puig dIB, Cobos A et al. Pulmonary aspiration of gastric contents in patients receiving mechanical ventilation: the effect of body position. *Ann Intern Med* 1992; 116(7):540-543.
- (18) Drakulovic MB, Torres A, Bauer TT, Nicolas JM, Nogue S, Ferrer M. Supine body position as a risk factor for nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a randomised trial. *Lancet* 1999; 354(9193):1851-1858.
- (19) Ibanez J, Penafiel A, Marse P, Jorda R, Raurich JM, Mata F. Incidence of gastroesophageal reflux and aspiration in mechanically ventilated patients using small-bore nasogastric tubes. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2000; 24(2):103-106.
- (20) Mathus-Vliegen EMH. Gastrostomy and enterostomy. In: Tytgat GNJ, Classen M, Waye JD, Nakazawa S, editors. *Practice of Therapeutic Endoscopy*. Kent: Harcourt Publishers Limited, 2000: 277-300.
- (21) Wollman B, D'Agostino HB, Walus-Wigle JR, Easter DW, Beale A. Radiologic, endoscopic, and surgical gastrostomy: an institutional evaluation and meta-analysis of the literature. *Radiology* 1995; 197:699-704.
- (22) Kelly KM, Lewis B, Gentili DR, Benjamin E, Waye JD, Iberti TJ. Use of percutaneous gastrostomy in the intensive care patient. *Crit Care Med* 1988; 16:62-63.
- (23) Wolfsen HC, Kozarek RA, Ball TJ, Patterson DJ, Botoman VA, Ryan JA. Value of diagnostic upper endoscopy preceding percutaneous endoscopy. *Am J Gastroenterol* 1990; 85(3):249-251.
- (24) Mathus-Vliegen LMH, Koning H. Percutaneous endoscopic gastrostomy and gastrojejunostomy: a critical reappraisal of patient selection, tube function and the feasibility of nutritional support during extended follow-up. *Gastrointest Endosc* 1999; 50:746-754.
- (25) Oudemans-Van Straaten HM. Maatregelen ter bevordering van maagontlediging in enterale voeding. *NJCC* 2002;6(5):18-27.
- (26) Van der Voort PHJ, Zandstra DF. Enteral feeding in the critically ill: comparison between the supine and prone positions. A prospective crossover study in mechanically ventilated patients. *Crit Care* 2001;5:216-220.
- (27) L'Her E, Renault A, Oger E, Robaux M-A, Boles J-M. A prospective survey of early 12-h prone positioning effects in patients with the acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 2002;28(5):570-575.
- (28) Heyland DK, Cook DJ, Guyatt GH. Enteral nutrition in the critically ill patient: a critical review of the evidence. *Intensive Care Med* 1993; 19(8):435-442.
- (29) Layon AJ, Florete OGJr, Day AL, Kilroy RA, James PB, McGuigan JE. The effect of duodenojejunal alimentation on gastric pH and hormones in intensive care unit patients. *Chest* 1991; 99:695-702.

Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

- (30) Armstrong D, Castiglione F, Emde C, Cilluffo T, Duroux P, Koerfer J et al. The effect of continuous enteral nutrition on gastric acidity in humans. *Gastroenterology* 1992; 102:1506-1515.
- (31) Bowling TE, Silk DBA. Colonic response to enteral tube feeding. *Gut* 1998; 42:147-151.
- (32) Wilson JA. Gastrointestinal dysfunction in the critically ill: nutritional implications. *Compr Ther* 1985; 11(8):45-53.
- (33) Dive A. Enteral nutrition in the critically ill: is the gut working properly? *Nutrition* 1999; 15(5):404-405.
- (34) Ouyang A, Sunshine AG, Reynolds JC. Caloric contents of a meal affects duration but not contractile patterns of duodenal motility in man. *Dig Dis Sci* 1989;34:528-536.
- (35) Riachi G, Ducrotte P, Guedon C, Bouteloup C, Denis P, Colin R et al. Duodenojejunal motility after oral and enteral nutrition in humans: a comparative study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1996; 20(2):150-155.
- (36) Ledeboer M, Masclee AAM, Coenraad M, Vecht J, Biemond I, Lamers CBHW. Antroduodenal motility and small bowel transit time during continuous intraduodenal and intragastric administration of a polymeric diet in humans. MD Thesis, Leiden 1995.
- (37) Ott L, Young B, Phillips R, McClain C, Adams L, Dempsey R et al. Altered gastric emptying in the head-injured patient: Relationship to feeding intolerance. *J Neurosurg* 1991; 74:738-742.
- (38) McArthur CJ, Gin T, McLaren IM, Critchley JA, Oh TE. Gastric emptying following brain injury: effects of choice of sedation and intracranial pressure. *Intensive Care Med* 1995; 21(7):573-576.
- (39) Rapp RP, Hatton J, Ott L, Luer M, Young B. Specific problems associated with enteral nutrition in patients with head injury. *Clin Nutr* 1993; 12(Suppl.1):S70-S74.
- (40) Dive A, Miesse C, Jamart J, Evrard P, Gonzalez M, Installe E. Duodenal motor response to continuous enteral feeding is impaired in mechanically ventilated critically ill patients. *Clin Nutr* 1994; 13:302-306.
- (41) Dive A, Moulart M, Jonard P, Jamart J, Mahieu P. Gastrointestinal motility in mechanically ventilated critically ill patients: a manometric study. *Crit Care Med* 1994; 22(3):441-447.
- (42) Bosscha K, Nieuwenhuijs VB, Vos A, Samsom M, Roelofs JM, Akkermans LM. Gastrointestinal motility and gastric tube feeding in mechanically ventilated patients. *Crit Care Med* 1998; 26(9):1510-1517.
- (43) Marzio L, Neri M, Pieramico O, Delle Donne M, Peeters TL, Cucurullo F. Dopamine interrupts gastrointestinal fed motility pattern in humans. Effect on motilin and somatostatin blood levels. *Dig Dis Sci* 1990; 35(3):327-332.
- (44) Roberts PR. Nutrition in the head-injured patient. *New Horiz* 1995; 3(3):506-517.
- (45) Gustke RF, Varma RR, Soergel KH. Gastric reflux during perfusion of the proximal small bowel. *Gastroenterology* 1970; 59(6):890-895.

Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

- (46) Lazarus BA, Murphy JB, Culpepper L. Aspiration associated with long-term gastric versus jejunal feeding: a critical analysis of the literature. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71(1):46-53.
- (47) Montecalvo MA, Steger KA, Farber HW, Smith BF, Dennis RC, Fitzpatrick GF et al. Nutritional outcome and pneumonia in critical care patients randomized to gastric versus jejunal tube feedings. *Crit Care Med* 1992; 20(10):1377-1387.
- (48) Strong RM, Condon SC, Solinger MR, Namihias BN, Ito-Wong LA, Leuty JE. Equal aspiration rates from postpylorus and intragastric-placed small-bore nasoenteric feeding tubes: a randomized, prospective study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1992; 16(1):59-63.
- (49) Kortbeek JB, Haigh PI, Doig C. Duodenal versus gastric feeding in ventilated blunt trauma patients: a randomized controlled trial. *J Trauma* 1999; 46(6):992-996.
- (50) Kearns PJ, Chin D, Mueller L, Wallace K, Jensen WA, Kirsch CM. The incidence of ventilator-associated pneumonia and success in nutrient delivery with gastric versus small intestinal feeding: a randomized clinical trial. *Crit Care Med* 2000; 28(6):1742-1746.
- (51) Esparza J, Boivin MA, Hartshorne MF, Levy H. Equal aspiration rates in gastrically and transpylorically fed critically ill patients. *Intensive Care Med* 2001;27:660-664.
- (52) Heyland DK, Drover JW, MacDonald S, Novak F, Lam M. Effect of postpyloric feeding on gastroesophageal regurgitation and pulmonary microaspiration: results of a randomized controlled trial. *Crit Care Med* 2001;29(8):1495-1501.
- (53) Davies AR, Froomes PRA, 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(3):586-590.
- (54) Montejo JC, Grau T, Acosta J, Ruiz-Santana S, Planas M, Garcia-de-Lorenzo A, Mesejo A, Cervera M, Sanchez-Alvarez C, Nunez-Ruiz R, Lopez-Martinez J. Multicenter, prospective, randomized, single-blind study comparing the efficacy and gastrointestinal complications of early jejunal feeding with early gastric feeding in critically ill patients. *Crit Care Med* 2002;30(4):796-800.
- (55) Boivin MA, Levy H. Gastric feeding with erythromycin is equivalent to transpyloric feeding in the critically ill. *Crit Care Med* 2001;29(10):1916-1919.
- (56) Valles J, Artigas A, Rello J, Bonsoms N, Fontanals D, Blanch L et al. Continuous aspiration of subglottic secretions in preventing ventilator-associated pneumonia. *Ann Intern Med* 1995; 122(3):179-186.
- (57) Chendrasekhar A. Jejunal feeding in the absence of reflux increases nasogastric output in critically ill trauma patients. *Am Surg* 1996; 62(11):887-888.
- (58) Finucane TE, Bynum JP. Use of tube feeding to prevent aspiration pneumonia. *Lancet* 1996; 348(9039):1421-1424.
- (59) Stoutenbeek CP, van Saene HK. Nonantibiotic measures in the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Semin Respir Infect* 1997; 12(4):294-299.
- (60) Weltz CR, Morris JB, Mullen JL. Surgical jejunostomy in aspiration risk patients. *Ann Surg* 1992; 215(2):140-145.

Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

- (61) Zaloga GP. Bedside method for placing small bowel feeding tubes in critically ill patients. A prospective study. *Chest* 1991; 100(6):1643-1646.
- (62) Chen MYM, Ott DJ, Gelfand DW. Nonfluoroscopic, postpyloric feeding tube placement: number and costs of plain films for determining position. *Nutr Clin Pract* 2000;15:40-44.
- (63) Nicholas CD, Zgoda MA, Kearny PA, Boulanger BR, Ochoa JB, Tsuei BJ. Simple bedside placement of nasal-enteral feeding tubes: a case series. *Nutr Clin Pract* 2001;16:165-168.
- (64) Hillard AE, Waddell JJ, Metzler MH, McAlpin D. Fluoroscopically guided nasoenteric feeding tube placement versus bedside placement. *South Med J* 1995; 88(4):425-428.
- (65) Kalliafas S, Choban PS, Ziegler D, Drago S, Flancbaum L. Erythromycin facilitates postpyloric placement of nasoduodenal feeding tubes in intensive care unit patients: randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1996; 20(6):385-388.
- (66) Huerta G, Puri VK. Nasoenteric feeding tubes in critically ill patients (fluoroscopy versus blind). *Nutrition* 2000; 16(4):264-267.
- (67) Salasidis R, Fleiszer T, Johnston R. Air insufflation technique of enteral tube insertion: a randomized, controlled trial. *Crit Care Med* 1998; 26(6):1036-1039.
- (68) Mathus-Vliegen EMH, Tytgat GNJ, Merkus MP. Feeding tubes in endoscopic and clinical practice: the longer the better? *Gastrointest Endosc* 1993; 39:537-542.
- (69) Damore LJ, Andrus CH, Herrmann VM, Wade TP, Kaminski DL, Kaiser GC. Prospective evaluation of a new through-the-scope nasoduodenal enteral feeding tube. *Surg Endosc* 1997; 11(5):460-463.
- (70) Reed RL, Eachempati SR, Russell MK, Fahkry C. Endoscopic placement of jejunal feeding catheters in critically ill patients by a "push" technique. *J Trauma* 1998; 45(2):388-393.
- (71) Napolitano LM, Wagle M, Heard SO. Endoscopic placement of nasoenteric feeding tubes in critically ill patients: a reliable alternative. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 1998; 8(6):395-400.
- (72) Brandt CP, Mittendorf EA. Endoscopic placement of nasojejunal feeding tubes in ICU patients. *Surg Endosc* 1999; 13(12):1211-1214.
- (73) Baskin WN, Johanson JF. An improved approach to delivery of enteral nutrition in the intensive care unit. *Gastrointest Endosc* 1995; 42(2):161-165.
- (74) Patrick PG, Marulendra S, Kirby DF, DeLegge MH. Endoscopic nasogastric-jejunal feeding tube placement in critically ill patients. *Gastrointest Endosc* 1997; 45(1):72-76.
- (75) Harrison AM, Clay B, Grant MJ, Sanders SV, Webster HF, Reading JC et al. Nonradiographic assessment of enteral feeding tube position. *Crit Care Med* 1997; 25(12):2055-2059.
- (76) Spalding HK, Sullivan KJ, Soremi O, Gonzalez F, Goodwin SR. Bedside placement of transpyloric feeding tubes in the pediatric intensive care unit using gastric insufflation. *Crit Care Med* 2000; 28(6):2041-2044.

- Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care
- (77) Gharpure V, Meert KL, Sarnaik AP. Efficacy of erythromycin for postpyloric placement of feeding tubes in critically ill children: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *JPEN* 2001;25:160-165.
- (78) Lord LM, Weiser-Maimone A, Pulhamus M, Sax HC. Comparison of weighted vs unweighted enteral feeding tubes for efficacy of transpyloric intubation. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1993; 17(3):271-273.
- (79) Marian M, Rappaport W, Cunningham D, Thompson C, Esser M, Williams F et al. The failure of conventional methods to promote spontaneous transpyloric feeding tube passage and the safety of intragastric feeding in the critically ill ventilated patient. *Surg Gynecol Obstet* 1993; 176(5):475-479.
- (80) Thurlow PM. Bedside enteral feeding tube placement into duodenum and jejunum. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1986; 10(1):104-105.
- (81) Zaloga GP, Roberts PR. Bedside placement of enteral feeding tubes in the intensive care unit. *Crit Care Med* 1998; 26(6):987-988.
- (82) Heiselman DE, Vidovich RR, Milkovich G, Black LD. Nasointestinal tube placement with a pH sensor feeding tube. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1993; 17(6):562-565.
- (83) Zaloga GP, Marik P. Promotility agents in the intensive care unit. *Crit Care Med* 2000; 28(7):2657-2659.
- (84) Ott DJ, Mattox HE, Gelfand DW, Chen MYM, Wu WC. Enteral feeding tubes: placement by using fluoroscopy and endoscopy. *Am J Roentgenol* 1991; 157:769-771.
- (85) Guttierrez ED, Balfe DM. Fluoroscopically guided nasoenteric feeding tube placement: results of a 1-year study. *Radiology* 1991; 178:759-762.
- (86) Shang E, Kahler G, Meier-Hellmann A, Scheele J. Advantages of endoscopic therapy of gastrojejunal dissociation in critical care patients. *Intensive Care Med* 1999; 25(2):162-165.
- (87) Grathwohl KW, Gibbons RV, Dillard TA, Horwhat JD, Roth BJ, Thompson JW et al. Bedside videoscopic placement of feeding tubes: development of fiberoptics through the tube. *Crit Care Med* 1997; 25(4):629-634.
- (88) Plaisier PW, van Buuren HR, Bruining HA. Upper gastrointestinal endoscopy at four intensive care units in one hospital: frequency and indication. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 1998; 10(12):997-1000.
- (89) Levy H. Postpyloric feeding tube placement and the use of electromyography technology. *Nutr Clin Pract* 1997; 12(1 Suppl):S28-S30.
- (90) Botoman VA, Kirtland SH, Moss RL. A randomized study of a pH sensor feeding tube vs a standard feeding tube in patients requiring enteral nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1994; 18(2):154-158.
- (91) Berry S, Orr M, Schoettker P, Lacy J, Davis C, Warshawsky K et al. Intestinal placement of pH-sensing nasointestinal feeding tubes. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1994; 18(1):67-70.

Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

- (92) Krafte-Jacobs B, Persinger M, Carver J, Moore L, Brill R. Rapid placement of transpyloric feeding tubes: a comparison of pH- assisted and standard insertion techniques in children. *Pediatrics* 1996; 98(2 Pt 1):242-248.
- (93) Dimand RJ, Veereman-Wauters G, Braner DA. Bedside placement of pH-guided transpyloric small bowel feeding tubes in critically ill infants and small children. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1997; 21(2):112-114.
- (94) Shike M, Latkany L, Gerdes H, Bloch AS. Direct percutaneous endoscopic jejunostomies for enteral feeding. *Gastrointest Endosc* 1996; 44:536-540.
- (95) DiSario JA, Foutch PG, Sanowski RA. Poor results with percutaneous endoscopic jejunostomy. *Gastrointest Endosc* 1990; 36:257-260.
- (96) Wolfsen HC, Kozarek RA, Ball TJ, Patterson DJ, Botoman VA, Ryan JA. Long-term survival in patients undergoing percutaneous endoscopic gastrostomy and jejunostomy. *Am J Gastroenterol* 1990; 85(9):1120-1122.
- (97) DeLegge MH, Patrick P, Gibbs R. Percutaneous endoscopic gastrojejunostomy with a tapered tip, nonweighted jejunal feeding tube: improved placement success. *Am J Gastroenterol* 1996; 91(6):1130-1134.
- (98) Rombeau JL. Enteral nutrition in critical illness. In: Enteral nutrition. Borlase BC, Bell SJ, Blackburn GL, Forse RA (eds). Chapman and Hall, New York, 1994.
- (99) Skipper A, Peloquin TJ, Gregoire MB, Tangney CC. Validation of objective criteria for predicting tolerance to enteral feeding in medical intensive care unit patients. *Nutr Clin Pract* 2001;16:139-143.
- (100) Ohri SK, Somasundaram S, Koak Y, et al. The effect of intestinal hypoperfusion on intestinal absorption and permeability during cardiopulmonary bypass. *Gastroenterology* 1994;106:318-323.
- (101) Frost P, Bihari D. The route of nutritional support in the critically ill: physiological and economical considerations. *Nutrition* 1997; 13(9 Suppl):58S-63S.
- (102) Purcell PN, Davis KJr, Branson RD, Johnson DJ. Continuous duodenal feeding restores gut blood flow and increased gut oxygen utilization during PEEP ventilation for lung injury. *Am J Surgery* 1993; 165:188-194.
- (103) Berger MM, Berger-Gryllaki M, Wiesel PH, Revelly J-P, Hurni M, Cayeux C et al. Intestinal absorption in patients after cardiac surgery. *Crit Care Med* 2000; 28:2217-2223.
- (104) Zaloga GP, Roberts P. Permissive underfeeding. *New Horiz* 1994; 2:257-263.
- (105) Kudsk KA, Croce MA, Fabian TC, Minard G, Tolley EA, Poret HA et al. Enteral versus parenteral feeding: effects on septic morbidity after blunt and penetrating abdominal trauma. *Ann Surg* 1992; 215:503-515.
- (106) Nelson JL, Foley-Nelson TL, Gianotti L. Caloric intake and bacterial translocation following burn trauma in guinea pigs. *Nutrition* 1999.
- (107) Heyland D, Cook DJ, Winder B, Brylowski L, Van deMark H, Guyatt G. Enteral nutrition in the critically ill patient: A prospective survey. *Crit Care Med* 1995; 23(6):1055-1060.

- Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care
- (108) Heyland DK, Cook DJ, Winder B, Guyatt GH. Do critically ill patients tolerate early intragastric enteral nutrition? *Clin Int Care* 1996; 7:68-73.
- (109) Heyland DK, Konopad E, Alberda C, Keefe L, Cooper C, Cantwell B. How well do critically ill patients tolerate early, intragastric enteral feeding? Results of a prospective, multicenter trial. *Nutr Clin Pract* 1999; 14:23-28.
- (110) Spain DA, McClave SA, Sexton LK, Adams JL, Blanford BS, Sullins ME et al. Infusion protocol improves delivery of enteral tube feeding in the critical care unit. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1999; 23(5):288-292.
- (111) McClave SA, Sexton LK, Spain DA, Adams JL, Owens NA, Sullins MB et al. Enteral tube feeding in the intensive care unit: factors impeding adequate delivery. *Crit Care Med* 1999; 27(7):1252-1256.
- (112) Mallampalli A, McClave SA, Snider HL. Defining tolerance to enteral feeding in the intensive care unit. *Clin Nutr* 2000; 19(4):213-215.
- (113) Adam S, Batson S. A study of problems associated with the delivery of enteral feed in critically ill patients in five ICUs in the UK. *Intensive Care Med* 1997; 23(3):261-266.
- (114) Goldhill DR, Toner CC, Tarling MM, Baxter K, Withington PS, Whelpton R. Double-blind, randomized study of the effect of cisapride on gastric emptying in critically ill patients. *Crit Care Med* 1997; 25(3):447-451.
- (115) Brummer RJ, Schoenmakers EA, Kemerink GJ, Heidendal GA, Sanders DG, Stockbrugger RW. The effect of a single rectal dose of cisapride on delayed gastric emptying. *Aliment Pharmacol Ther* 1997; 11(4):781-785.
- (116) Frost P, Edwards N, Bihari D. Gastric emptying in the critically ill--the way forward? *Intensive Care Med* 1997; 23(3):243-245.
- (117) Chapman MJ, Fraser RJ, Kluger MT, Buist MD, De Nichilo DJ. Erythromycin improves gastric emptying in critically ill patients intolerant of nasogastric feeding. *Crit Care Med* 2000; 28:2334-2337.
- (118) McQuiggan MM, Marvin RG, McKinley BA, Moore FA. Enteral feeding following major torso trauma: from theory to practice. *New Horiz* 1999; 7(1):131-146.
- (119) Cook DJ, Laine LA, Guyatt GH, Raffin TA. Nosocomial pneumonia and the role of gastric pH. A meta-analysis. *Chest* 1991; 100(1):7-13.
- (120) Heyland D, Mandell LA. Gastric colonization by gram-negative bacilli and nosocomial pneumonia in the intensive care unit patient. Evidence for causation. *Chest* 1992; 101(1):187-193.
- (121) Torres A, el Ebiary M, Soler N, Monton C, Fabregas N, Hernandez C. Stomach as a source of colonization of the respiratory tract during mechanical ventilation: association with ventilator-associated pneumonia. *Eur Respir J* 1996; 9(8):1729-1735.
- (122) Pingleton SK, Hinthorn DR, Liu C. Enteral nutrition in patients receiving mechanical ventilation. Multiple sources of tracheal colonization include the stomach. *Am J Med* 1986; 80(5):827-832.

Toedieningswegen en –wijzen van enterale voeding op de intensive care

- (123) Lee B, Chang RWS, Jacobs S. Intermittent nasogastric feeding: a simple and effective method to reduce pneumonia among ventilated ICU patients. *Clin Int Care* 1990; 1:100-102.
- (124) Jacobs S, Chang RW, Lee B, Bartlett FW. Continuous enteral feeding: a major cause of pneumonia among ventilated intensive care unit patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1990; 14(4):353-356.
- (125) Spilker CA, Hinthorn DR, Pingleton SK. Intermittent enteral feeding in mechanically ventilated patients. The effect on gastric pH and gastric cultures. *Chest* 1996; 110(1):243-248.
- (126) Skiest DJ, Khan N, Feld R, Metersky ML. The role of enteral feeding in gastric colonisation: a randomised controlled trial comparing continuous to intermittent enteral feeding in mechanically ventilated patients. *Clin Int Care* 1996; 7:138-143.
- (127) Bonten MJ, Gaillard CA, van der HR, de Leeuw PW, van der GS, Stobberingh EE et al. Intermittent enteral feeding: the influence on respiratory and digestive tract colonization in mechanically ventilated intensive-care- unit patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154(2 Pt 1):394-399.
- (128) Heyland DK, Cook DJ, Schoenfeld PS, Frietag A, Varon J, Wood G. The effect of acidified enteral feeds on gastric colonization in critically ill patients: results of a multicenter randomized trial. *Canadian Critical Care Trials Group. Crit Care Med* 1999; 27(11):2399-2406.