

# Forskellige metoder til kredsløbsmonitorering hos intensivpatienter

Thea Palsgaard Møller<sup>1</sup>, Anders Perner<sup>2</sup> & Hans-Henrik Bülow<sup>1</sup>

Tidlig monitorering af hjertets minutvolumen til vejledning ved væsketerapi har potentiale til at reducere mortaliteten hos kritisk syge patienter, i det mindste når monitoreringen påbegyndes, før der opstår organsvigt [1]. Desuden ses der færre komplikationer og kortere hospitalsophold for kirurgiske højrisikopatienter, når der påbegyndes tidlig, målrettet behandling postoperativt [2, 3]. Tidlig målrettet terapi er en term, som bruges til at beskrive brugen af hjertets minutvolumen eller lignende parametre til at guide behandling med intravenøs væske og inotropi.

Siden 1970 har termodilutionsteknik via et pulmonalarteriekateter (PAC) været guldstandard inden for monitorering af *cardiac output* (CO). Målingen kræver dog katerisation af hjertets højre side med risiko for alvorlige komplikationer [4-6]. Derfor er der i de senere år udviklet alternative, mindre invasive metoder til bestemmelse af CO.

Intensivafdelinger har brug for simple screeningsværktøjer for at kunne identificere kritisk syge patienter med lavt CO og optimere behandlingen af dem. I Danmark klassificeres intensivafsnit/intensivafdelinger i niveauerne 1, 2 og 3, hvor niveau 3 betegner det mest specialiserede niveau, og niveau 1 er det mindst specialiserede niveau. Denne artikel udgår fra Holbæk Sygehus, Intensivafdeling, som er en niveau 2-afdeling, hvor Sundhedsstyrelsen formelt kræver, at der gennem hele døgnet er mulighed for kardiologisk vurdering, herunder ekkokardiografi, på specialistniveau [7]. Dette var der imidlertid ikke mulighed for i 2010, da nærværende undersøgelse blev påbegyndt, hvorfor vi måtte finde et alternativ til monitorering af kritisk syge patienters kredsløb og respons på behandlingsinterventioner. *Pulse contour cardiac output* (PiCCO)-systemet var blevet brugt på afdelingen i nogle år, men kun få læger og sygeplejersker havde rutine i at anlægge og bruge udstyret. To firmaer præsenterede nyere kredsløbsmonitoreringssystemer, *endotracheal cardiac output monitor* (ECOM) og CardioQ.

Før indkøb af dyrt medikoteknisk udstyr skal en række faktorer vurderes: præcision, nøjagtighed og reproducerbarhed, risici, praktisk anvendelighed, behovet for uddannelse samt anskaffelsespris og løbende driftsomkostninger [8]. Der bør udføres en

mini-medicinsk teknologivurdering (MTV), dvs. en kort beskrivelse af de teknologiske, patientmæssige, organisatoriske og økonomiske forudsætninger for og konsekvenser af at tage en ny behandling i brug [9].

Denne artikel præsenterer et eksempel på en sådan MTV af tre kommercielt tilgængelige systemer (PiCCO, CardioQ og ECOM) til monitorering af kredsløbet hos kritisk syge intensivpatienter.

## METODE

Litteratursøgning blev foretaget i PubMed, Embase og Cochrane Library med henblik på at finde de nyeste oversigtsartikler og randomiserede kliniske studier (RCT) om de tre monitoreringssystemer. Følgende søgetermer blev brugt: *cardiac output*, *haemodynamic measurement*, *monitoring*, *PiCCO*, *pulse contour*, *transpulmonary thermodilution*, *ECOM*, *endotracheal*, *CardioQ*, *oesophageal Doppler* og kombinationer af disse. Forhandlerne er blevet bedt om at udlevere deres referencemateriale.

## TEKNISK BAGGRUND

### Endotracheal cardiac output monitor

Med ECOM (**Figur 1**) måles CO via bioimpedans. Systemet kræver anlæggelse af en arteriekanyle (a-kanyle), og består af en monitor og en speciel endotrachealtube. På *cuff*en er der monteret sensorer, som udsender og måler vekselstrøm og danner et elektrisk felt. ECOM-systemet ekstraherer en bølgeform fra hver kombination af sensorer. Disse bølgeformer forandrer sig, når modstanden inden for feltet forandrer sig som respons på blodets flow gennem kar, som befinder sig inden for det elektriske felt, hvilket er gældende for aorta ascendens. Bølgeformerne analyseres i kombination med et elektrokardiogramsignal fra tuben og information fra a-kanylen, og herfra kan slagvolumen og dermed minutvolumen beregnes.

### CardioQ

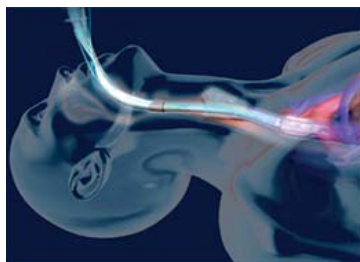
Med CardioQ (**Figur 2**) måles CO via øsofageal Doppler. Systemet består af en monitor og en øsofagussonde med en ultralydstransducer i spidsen. Ved korrekt placering ligger proben tæt på og parallelt med aorta descendens. Fra spidsen af proben transmitteres et ultralydsignal ind mod aorta descendens. Sig-

## STATUSARTIKEL

1) Anæstesiologisk Afdeling, Holbæk Sygehus  
2) Intensivterapi Klinik, Abdominalcentret, Rigshospitalet

FIGUR 1

ECOM-tuben, som estimerer cardiac output via bioimpedans.



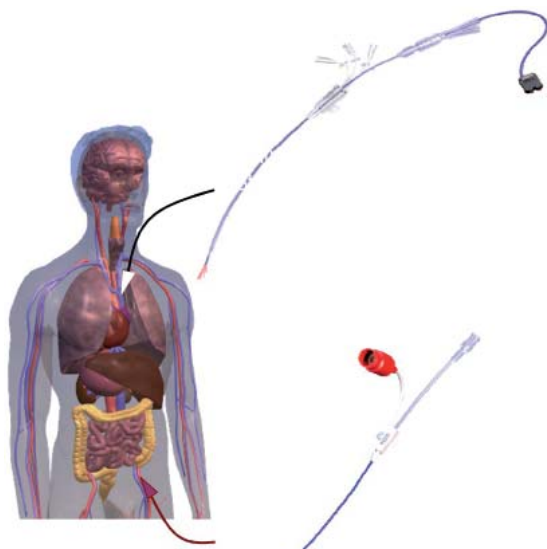
FIGUR 2

CardioQ. Oral-probe til sovende patienter.



FIGUR 3

PiCCO. Placering af katetre.



nalet reflekteres af blodet og opfanges af transduceren. Ultralydsbølgens ændring i frekvens er direkte proportional med hastigheden af det cirkulerende blod, og herved kan blodets distance pr. slag beregnes. Da man antager, at aorta descendens' tværsnitsareal er konstant hos den enkelte patient, kan slagdistancen beregnes, og hermed kan slagvolumen i aorta descendens estimeres. For at estimere slagvolumen ud fra flowhastighed, anvender man i CardioQ-systemet et nomogram baseret på patientens alder, højde og vægt [10].

#### Pulse contour cardiac output

Med PiCCO (Figur 3) måles CO via pulskonturanalyse (digitalanalyse af den arterielle pulskurve), hvorved venstre ventrikels slagvolumen estimeres slag for slag.

Systemet består af en monitor, en termoføler, der tilkobles et almindeligt centralt venekateter, og et specielt arteriekateter med en termoføler på spidsen. Arteriekatetret indføres i a. femoralis eller a. axillaris, så spidsen er tæt på aorta. Systemet kalibreres ved intermitterende transpulmonal termomodulation. Ud over CO-måling kan man med PiCCO-systemet estimere globalt slutdiastolisk volumen som surrogatmål for hjertes fyldning og ekstravaskulært lungevand som surrogatmål for lungeødem [11].

#### VALIDERING

Traditionelt bruger man Bland-Altman-analyse til vurdering af overensstemmelse mellem to mål af den samme kliniske variabel. Således kan nyt medicinsk udstyr valideres mod en guldstandard [12].

Validiteten af CO målt med ECOM er beskrevet i tre studier udført på patienter. Her har man ikke fundet overensstemmelse mellem CO målt med PAC og ECOM, hvorfor den eksakte CO-værdi ikke er valid [13-15]. Der er ikke konsensus om, hvorvidt trenden i CO-målinger foretaget med ECOM er pålidelig. I to studier fandt man trenden pålidelig, men der benyttede man kun korrelationsanalyser [13, 14]. I det bedste og nyeste valideringsstudie fandt Møller-Sørensen *et al* meget dårlig trendingevne for ECOM [15].

CardioQ-systemets eksakte CO-værdi er heller ikke fundet valid ved Bland-Altman-analyse. Igen er trenden i CO-værdierne beskrevet som pålidelig, men analyserne er ikke valide [10].

Validiteten af PiCCO-systemet er undersøgt i mange studier, herunder RCT. De fleste studier er udført med relativt stabile operationspatienter, mens der kun er få studier med intensivpatienter. Den eksakte CO-værdi er for de nævnte studier valid med god korrelation mellem CO målt med PAC og med



TABEL 1

Specifikationer for Pulse Contour Cardiac Output (PiCCO), CardioQ og Endotracheal Cardiac Output Monitor (ECOM) (priser opdateret pr. 25. januar 2012).

Model	PiCCO	CardioQ	ECOM
Forhandler	Pulsion Medical Systems	Deltex Medical	ConMed Corporation
Teknik	Pulskonturnalyse og termodilution	Øsofagus-Doppler	Bioimpedans
Kræver kalibrering	Ja	Nej	Nej
Invasive katetre	Centralt arteriekateter og centralt venekateter	Nej	Arteriekanyle
Kontinuerlig monitorering	Ja	Ja	Ja
Tilgængelig som modul på andre monitører	Ja	Nej	Nej
Pris, monitor, kr.	<i>Stand-alone</i> : 120.000 Integreret i Philips Intellivue monitor: ca. 25.000	<i>Stand-alone</i> : 98.000	<i>Stand-alone</i> : 70.000
Driftsomkostninger, kr.	Pulsionstermo-sensor: ca. 221 + PiCCO-kateter ca. 1.260	Øsofagusprober: 790-995	Tube str. 6-9: 1.338
Blant-Altman-analyse	CO-valid	CO ej valid	CO ej valid
<i>Resultater blandt kirurgiske patienter</i>			
Mortalitet	↔ [4, 6]	↔ [10, 17]	Ej undersøgt
Morbiditet	↓ [4, 6]	↓ [10, 16, 17]	Ej undersøgt
Liggetid på intensiv	↓ [4, 6]	↓ [10, 17]	Ej undersøgt
Liggetid på hospital	–	↓ [10, 16, 17]	Ej undersøgt

↔ = uændret; ↓ = nedsat.

PiCCO, så længe termodilution anvendes. For termodilutionsdelen af PiCCO-systemet må trenden anses for at være valid, selvom det ikke er undersøgt direkte [11].

I Tabel 1 opsummeres monitoreringssystemernes tekniske specifikationer, behov for invasive procedurer, anskaffelsespris og løbende driftsomkostninger.

## DISKUSSION

### ECOM

ECOM-systemet er nemt at etablere. Det forudsætter anlæggelse af ECOM-tuben, men de fleste kritisk syge patienter, som profiterer af kredsløbsmonitorering, har næsten altid behov for intubation og mekanisk ventilation. Hos disse patienter er den påkrævede a-kanyle som hovedregel allerede lagt, så der er ikke behov for anlæggelse af yderligere katetre.

ECOM-tubens *cuff* fylder mere end en *cuff* på en standardtube, men ved rutinemæssig intubation af 15 patienter har vi ikke oplevet vanskeligheder. Producenten anbefaler at gå en halv tubestørrelse ned for at undgå eventuelle vanskeligheder med at intubere pga. den fyldige *cuff*.

Der foreligger endnu ikke studier, der viser, om ECOM-monitorering kan ændre behandlingsresultatet for kritisk syge patienter.

### CardioQ

CardioQ-systemet kræver korrekt placering af sonden i øsofagus, hvilket kan være kompliceret, men til gen-

gæld kan både vågne og sederede patienter CO-monitoreres med CardioQ.

En stor fordel ved CardioQ er, at monitorskærmen visuelt klart afspejler de hæmodynamiske forandringer, der sker som respons på en intervention. Det kræver begrænset oplæring at tolke disse forandringer.

Anatomiske forhold har indflydelse på CO-målingerne. Det forudsættes, at der er en fast vinkel mellem proben og aorta descendens, men anatomiske varianter gør, at dette ikke altid er tilfældet. Hertil kommer, at CO beregnes ud fra et nomogram, der er baseret på normalværdier fra en baggrundspopulation. Men blandt kritisk syge patienter kan der være anatomiske forskelle (f.eks. svær arteriosklerose) og ændring af blodets distribution til hhv. overkrop og underkrop ved kritiske tilstande (sepsis, blødning) samt sedation. Desuden forudsættes der laminært flow i blodkarrene, for at målingerne kan blive eksakte, og dette er et problem hos patienter med aortastenose, coarctatio eller lignende [10].

I tre oversigtsartikler beskrives det, at CO-monitorering med øsofagus-Doppler gav signifikant kortere indlæggelsestid og færre postoperative komplikationer end traditionel monitorering [10, 16, 17]. I to af disse oversigtsartikler fandt man også, at patienterne havde signifikant færre dage på intensivafdelingen og mindre morbiditet [10, 17]. Der var dog ikke forskel i mortalitet, hverken når øsofageal Doppler blev sammenlignet med konventionel monitorering eller med PAC [10, 16, 17].



## FAKTABOKS

Indkøb af medicinsk udstyr er ofte bekosteligt og indebærer potentiel risiko for fejlkøb.

Ved større indkøb bør man afsøge markedet for, hvilket udstyr der findes.

Selv om det er tidskrævende, kan man med fordel lave en mini medicinsk teknologivurdering (mini-MTV).

Man bør stille krav til leverandørerne om at levere både tekniske data og data om udstyrets effekt/potentiale/driftsøkonomi/sikkerhed mv.

Det kan være en fordel at inddrage andre afdelingers erfaringer med den praktiske implementering før indkøb.

Her præsenteres en sådan mini-MTV før indkøb af udstyr til tidlig monitorering af hjertets minutvolumen. Denne monitorering har potentiale til at reducere mortaliteten hos kritisk syge intensivpatienter.

Der er flere kommercielt tilgængelige kredsløbsmonitoreringssystemer på markedet.

Da teknologien er forholdsvis ny, er der stor forskningsaktivitet om de forskellige metoder, hvorfor det har været vigtigt at undersøge teknologien og validiteten af de udbudte systemer og effekten ud fra specifikke behov.

### PiCCO-systemet

PiCCO-systemet er det mest invasive af de nyere metoder til måling af hjertets minutvolumen. PiCCO-systemets unikke fordel er dog, at der måles termodilutions-CO, hvilket til forskel fra de to andre systemer er solidt valideret [11].

PiCCO-systemets opstart tager tid, da der skal anlægges femoraliskateter, men det kan være en fordel at måle arterielt blodtryk centralt, da trykket hos patienter med shock kan være højere centralt og derfor kan måles falsk for lavt perifert [18]. Systemet skal kalibreres hver ottende time og nok hyppigere ved hæmodynamiske eller terapeutiske ændringer, hvilket nedsætter anvendeligheden af pulskonturanalyserne. Hertil kommer, at valid måling af slagvolumenvariation som markør for hypovolæmi kræver sinusrytme, overtryksventilation med tidalvolumen > 8 ml/kg [11, 19] og dyb sedation, hvilket strider mod de nugældende anbefalinger [20].

Betydningen af måling af lungevand er dårligt beskrevet, men kortere varighed af lungeødem var associeret med kortere intubationsvarighed [6, 11]. Det er dog ikke sikkert, at man med PiCCO måler lungevand så præcist som med dobbeltindikator-teknik, der dog ikke er klinisk egnet. Måske er slutdiastolisk volumen målt med PiCCO et bedre estimat for pre-load end de traditionelt målte fyldningstryk, men betydningen ved behandling af hypovolæmi, hypervolæmi eller hjertesvigt er endnu usikker [4].

### KONKLUSION

For PiCCO og CardioQ tyder de foreløbige resultater på, at der opnås kortere hospitalsindlæggelse, færre

dage på intensivafdeling og reduceret morbiditet, men ingen forskel i mortalitet for kirurgiske patienter. Dog er der fortsat ikke valide studier af kredsløbs-sustabile kritisk syge patienter, hvilket er et problem, da netop disse patienter må antages at have størst gavn af monitorering.

ECOM-systemet er endnu ikke valideret til generel klinisk anvendelse. Den nyeste evaluering af apparaturet var som anført skuffende [15], der er p.t. ingen studier med apparaturet anmeldt til *trials*, og i en leder i tilknytning til *Møller-Sørensen et al's* studie er man af den opfattelse, at fremtiden for denne metode er tvivlsom [21].

På intensivafdelinger har man som nævnt i introduktionen brug for hurtig og valid screening og behandling af patienter med lavt CO. Her kunne CardioQ være et alternativ til central venøs ilt-saturation, som dog er valideret som mål for lavt CO [20] og i et RCT i kombination med en kompleks behandlingsprotokol [22]. Ved tvivlstilfælde kan klinikerne vælge at opgradere til en mere valid metode som f.eks. PiCCO-systemet, som giver mulighed for at måle termodilutions-CO, som stadig er den kliniske guldstandard.

At udføre en MTV før apparaturindkøb beviste i dette tilfælde sin værdi. Vi besluttede allerede i efteråret 2011, at de to apparater på daværende tidspunkt ikke kunne leve op til vore krav om dokumenteret effekt blandt kritisk syge intensivpatienter, og den konklusion blev yderligere understøttet, da *Møller-Sørensen et al's* studie blev publiceret i december 2011.

**KORRESPONDANCE:** *Thea Palsgaard Møller*, Anæstesiologisk Afdeling, Holbæk Sygehus, Smedelundsgade 60, 4300 Holbæk. E-mail: tpm@dadlnet.dk

**ANTAGET:** 1. maj 2012

**FØRST PÅ NETTET:** 2. juli 2012

**INTERESSEKONFLIKTER:** ingen

### LITTERATUR

1. Kern JW, Shoemaker WC. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high-risk patients. *Crit Care Med* 2002;30:1686-92.
2. Pearse R, Dawson D, Fawcett J et al. Early goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. *Crit Care* 2005;9:R687-93.
3. Dalfino L, Giglio MT, Puntillo F et al. Haemodynamic goal-directed therapy and postoperative infections: earlier is better. *Crit Care* 2011;15:R154.
4. Benington S, Ferris P, Nirmalan M. Emerging trends in minimally invasive haemodynamic monitoring and optimization of fluid therapy. *Eur J Anaesthesiol* 2009;26:893-905.
5. de Waal EEC, Wappler F, Buhre WF. Cardiac output monitoring. *Curr Opin Anaesthesiol* 2009;22:71-7.
6. Reuter DA, Huang C, Edrich T et al. Cardiac output monitoring using indicator-dilution techniques: basics, limits, and perspectives. *Anesth Analg* 2010;110:799-811.
7. Sundhedsstyrelsen. Intensiv terapi: definitioner, dokumentation og henvisningsprincipper. [www.sst.dk/publ/Publ2006/PLAN/Intensiv\\_terapi/Intensiv\\_terapi.pdf](http://www.sst.dk/publ/Publ2006/PLAN/Intensiv_terapi/Intensiv_terapi.pdf) (18. apr 2012).
8. Afshari A, Perner A, Bonde J. Kredsløbsmonitorering af kritisk syge patienter med pulse contour cardiac output-systemet. *Ugeskr Læger* 2006;168:1746-9.
9. Mini-MTV til sygehusvæsenet. [www.sst.dk/Planlaegning%20og%20kvalitet/Medicinske%20Teknologivurdering%20MTV/Mini-MTV%20til%20sygehusvaesenet.aspx](http://www.sst.dk/Planlaegning%20og%20kvalitet/Medicinske%20Teknologivurdering%20MTV/Mini-MTV%20til%20sygehusvaesenet.aspx) (6. nov 2011).
10. Schober P, Loer SA, Schwarte LA. Perioperative hemodynamic monitoring with transesophageal Doppler technology. *Anesth Analg* 2009;109:340-53.
11. Oren-Grinberg A. The PiCCO monitor. *Int Anesthesiol Clin* 2010;48:57-85.

12. Cecconi M, Rhodes A, Poloniecki J et al. Bench-to-bedside review: the importance of the precision of the reference technique in method comparison studies – with specific reference to the measurement of cardiac output. *Crit Care* 2009;13:201.
13. Maus TM, Reber B, Banks DA et al. Cardiac output determination from endotracheally measured impedance cardiography: clinical evaluation of endotracheal cardiac output monitor. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2011;25:770-5.
14. Ball TR, Culp BC, Patel V et al. Comparison of the endotracheal cardiac output monitor to thermodilution in cardiac surgery patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2010;24:762-6.
15. Møller-Sørensen H, Hansen KL, Østergaard M et al. Lack of agreement and trending ability of the endotracheal cardiac output monitor compared with thermodilution. *Acta Anaesth Scand* 2012;56:433-40.
16. Singer M. Oesophageal Doppler. *Curr Opin Crit Care* 2009;15:244-8.
17. Abbas SM, Hill AG. Systematic review of the literature for the use of oesophageal Doppler monitor for fluid replacement in major abdominal surgery. *Anaesthesia* 2008;63:44-51.
18. Mignini MA, Piacentini E, Dubin A. Peripheral arterial blood pressure monitoring adequately tracks central arterial blood pressure in critically ill patients: an observational study. *Crit Care* 2006;10:R43.
19. Hofer CK, Cecconi M, Marx G et al. Minimally invasive haemodynamic monitoring. *Eur J Anaesthesiol* 2009;26:996-1002.
20. Strøm T, Martinussen T, Toft P. A protocol of no sedation for critically ill patients receiving mechanical ventilation: a randomised trial. *Lancet* 2010;375:475-80.
21. Berthelsen PG. A matter of heart. *Acta Anaesth Scand* 2012;56:401-3.
22. Rivers E, Nguyen B, Havstad S et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 2001;345:1368-77.

## Tarmanastomoser kan sys i et enkelt lag i stedet for i to lag – en gennemgang af et Cochranereview

Jacob Rosenberg<sup>1</sup> & Pål Wara<sup>2</sup>

Lækage af en tarmanastomose er en af de mest frygtede komplikationer i kirurgien pga. høj morbiditet og ikke mindst mortalitet. Dødeligheden er således op til 40% [1]. Herudover vil en anastomoselækage oftest medføre reoperation med anlæggelse af stomi, og en stor del af disse stomier bliver aldrig lagt tilbage igen. Der er derfor naturligt stort fokus på at undgå forekomst af anastomoselækage efter kirurgi, herunder på om forskellige metoder for sammensyning af tarmene har betydning for denne forekomst.

Standardmetoden for håndsyede anastomoser har op gennem det 20. århundrede været tolagsteknik med sutur gennem alle lag, inderst dækket af seromuskulær sutur, yderst enten fortløbende sutur eller med enkeltknuder. Som så mange andre kirurgiske metoder er den indført og anvendt med sparsomt videnskabeligt belæg, men udviklet og oplært gennem generationer. *Halsted* beskrev allerede i 1887 i et dyreeksperimentelt studie anvendelse af etlags-teknik [2]. Klinisk blev den dog først introduceret i 1960'erne og 1970'erne. Metoden fandt primært fodfæste på engelske hospitaler [3-6] og siden 1980'erne også i resten af Europa.

I Danmark har vi gennem en lang årrække haft tradition for at sy tarmender sammen i to lag med knudesuturer (i modsætning til fortløbende sutur). For 30-40 år siden anvendte man på nogle afdelinger i Danmark endog tre lag til sammensyningerne, men i de seneste ca. 30 år har to lag været standard på de fleste afdelinger. I dag anvendes også staplerinstrumenter, som samler tarmenderne med metalklips, men specielt ved forskelle i vægtykkelse på de to tarm-

ender eller ved påvirket væv har man med staplerinstrumenterne ikke mulighed for at individualisere de enkelte klips, hvorfor suturering foretrækkes. Spørgsmålet er så, hvordan denne syning skal foretages.

Der findes forskellige metoder til samling af to tarmender, men diskussionen nu til dags handler om valget mellem den tolagede og den etlagede teknik. Den tolagede teknik opfattes af mange som vanskeligere end den etlagede og dermed vanskeligere at lære. Den kræver mere oprensning af tarmenderne og øger risikoen for utilsigtet vævshåndtering. Risikoen for luminal indsvævring er større, og den er mere tidskrævende at udføre end den etlagede anastomose [7, 8]. Den etlagede teknik reducerer den potentielle risiko for utilsigtet vævshåndtering, men siges også at give øget risiko for lækage ved anvendelse af serosub-

### EVIDENSBASERET MEDICIN

1) Gastroenheden, Kirurgisk Sektion D, Herlev Hospital  
2) Kirurgisk Afdeling P, Aarhus Universitetshospital



Anastomose i tyndtarmen syet i et lag.