

NutriVent™

SONDINO NASO-GASTRICO POLIFUNZIONALE NUTRIVENT™

NUTRIVENT™ NASOGASTRISCHE MEHRZWECKSONDE

NUTRIVENT™ MULTIFUNCTION NASO-GASTRIC CATHETER

SONDE NASO-GASTRIQUE POLYVALENTE NUTRIVENT™

FLERFUNKTIONELL NASOGASTRISK SOND NUTRIVENT™

ΡΙΝΟΓΑΣΤΡΙΚΟΣ ΚΑΘΕΤΗΡΑΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ NUTRIVENT™

MULTIFUNCTIONELE NASO-GASTRISCHE SONDE NUTRIVENT™

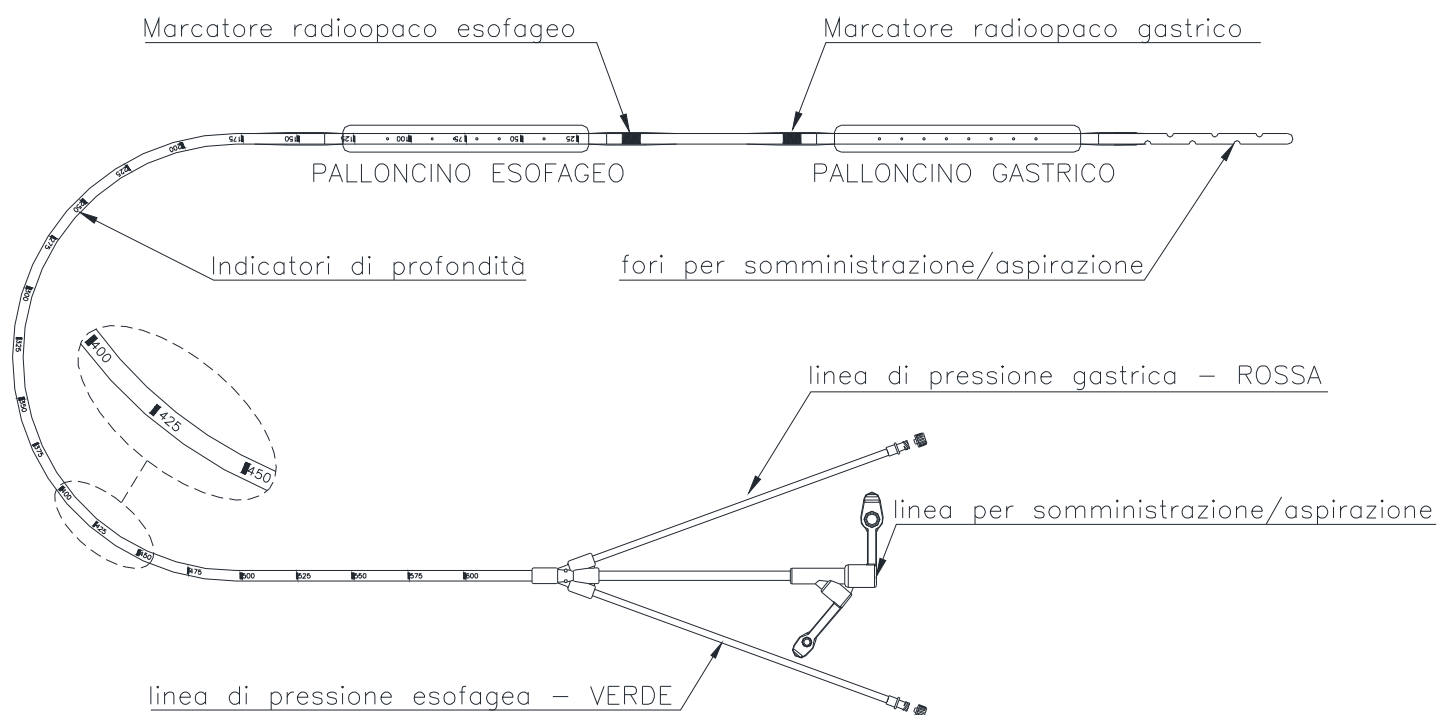
SONDA NASOGÁSTRICA POLIVALENTE NUTRIVENT™

| | | | |
|-----------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|
| IT | Modello a due palloncini | Istruzioni per l'uso | pag 3-13 |
| DE | Modell mit zwei Ballons | Bedienungsanleitung | Seite 15-25 |
| EN | Two balloons model | Instruction for use | pg 27-37 |
| FR | Modèle à deux ballonnets | Mode d'emploi | page 39-49 |
| SV | Modell med två ballonger | Bruksanvisning | Sid. 51-61 |
| EL | Μοντέλο με δύο μπαλόνια | Οδηγίες χρήσης | σελ. 63-73 |
| NL | Model met twee ballonnen | Gebruiksaanwijzing | Pag 75-85 |
| ES | Modelo con dos balón | Instrucciones de uso | Pág. 87-97 |

SONDINO NASO-GASTRICO POLIFUNZIONALE NUTRIVENT™

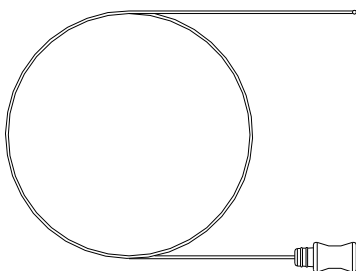
CONTENUTO DELLA CONFEZIONE

Sondino naso-gastrico polifunzionale NutriVent (si veda il disegno a pag 13 per le dimensioni)

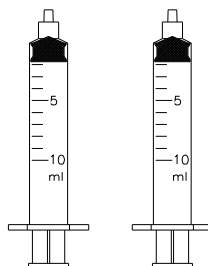


IT

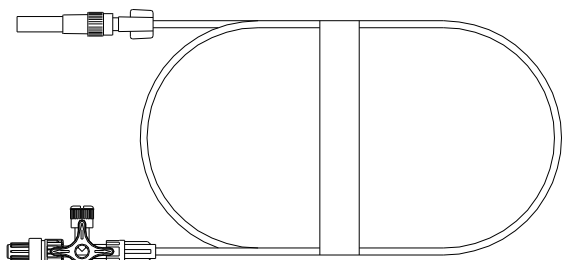
Guida metallica per l'inserimento



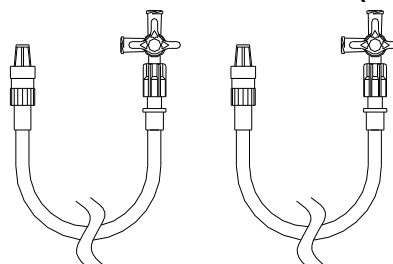
Siringhe (2x)



REF 09031009 – REF 09031015
Linee di connessione a ventilatore (2x)



REF 09031003 – REF 09031006
Linee con rubinetto a tre vie (2x)



Il sondino naso-gastrico polifunzionale NutriVent™ è un sondino di poliuretano dotato di due palloncini di polietilene atti a rilevare la pressione esofagea e gastrica. Il sondino NutriVent™ è flessibile, atraumatico e può essere utilizzato anche per lunghi periodi (massimo 29 giorni).

Il sondino NutriVent™ può essere connesso direttamente sia ad un monitor che ad un ventilatore meccanico (con apposita linea di connessione).

INDICAZIONI

Il sondino NutriVent™ è indicato in tutte le condizioni in cui sia necessario misurare/monitorare la pressione esofagea e gastrica nel paziente adulto. Le pressioni esofagea e gastrica sono fondamentali per una corretta gestione della ventilazione del malato critico.

In aggiunta, il sondino NutriVent™ possiede tutte le funzioni di un normale sondino naso-gastrico nutrizionale.

VANTAGGI

- Singolo catetere
- Misurazione e monitoraggio continuo della pressione esofagea e gastrica
- Non necessità di altri presidi e abolizione del rischio di infezioni delle vie urinarie

CONTROINDICAZIONI

- Coagulopatia non controllata
- Grave piastrinopenia
- Traumi nasali
- Varici esofagee

PERCHE' E QUANDO MISURARE LE PRESSIONI ESOFAGEA E GASTRICA

La misura della pressione esofagea è indicata:

- 1) durante la ventilazione meccanica nei pazienti con insufficienza respiratoria acuta (ad esempio, edema polmonare cardiogenico e non cardiogenico), per evitare i danni indotti dal ventilatore (VILI)
- 2) durante la ventilazione non invasiva, per stimare lo sforzo respiratorio del paziente e la sua capacità di tollerare la ventilazione non invasiva stessa

Pressione esofagea e danno indotto dal ventilatore

E' patrimonio comune che 30 cmH₂O di *Pressione delle vie aeree* (P_{aw}) letti al ventilatore rappresentino la soglia per il *danno indotto dal ventilatore* (VILI). Tuttavia, la vera causa di danno polmonare è l'eccessiva pressione transpolmonare, superiore a 15-20 cmH₂O. La *Pressione transpolmonare* (P_L) è quella frazione di pressione delle vie aeree che viene "spesa" per distendere il polmone, la rimanente frazione è la *Pressione pleurica* (P_{pl}), che viene spesa per distendere di un ugual volume la gabbia toracica. Non essendo possibile la diretta misura della *pressione pleurica* (P_{pl}), nella pratica clinica viene impiegata la *Pressione esofagea* (P_{es}) che è stata dimostrata essere un buon indice.

In formula:

$$\Delta P_{aw} = \Delta P_L + \Delta P_{pl}$$

Questa equazione rappresenta il "partizionamento della meccanica respiratoria".

Quindi, misurando la pressione esofagea possiamo calcolare la pressione transpolmonare (infatti $\Delta P_L = \Delta P_{aw} - \Delta P_{es}$). E' stato dimostrato che la pressione delle vie aeree è un surrogato inadeguato della pressione transpolmonare⁽¹⁾: infatti, alla medesima pressione delle vie aeree di 30 cmH₂O possono corrispondere pressioni transpolmonari molto basse, e questo è dovuto alla variabilità della elasticità della gabbia toracica.

Si considerino i seguenti casi:

Caso 1: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ e $\Delta P_L = 7 \text{ cmH}_2\text{O}$

In questa situazione 23 cmH₂O di pressione sono spesi per distendere il torace e solo 7 cmH₂O per distendere il polmone. Questa pressione transpolmonare può essere insufficiente per uno scambio gassoso adeguato.

Caso 2: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ e $\Delta P_L = 28 \text{ cmH}_2\text{O}$

In questa situazione soltanto 2 cmH₂O sono spesi per distendere il torace e 28 cmH₂O per distendere il polmone. Questa pressione transpolmonare è vicina alla pressione che si registra alla massima capacità inspiratoria del polmone ed è sicuramente tale da indurre danni irreversibili nel polmone.

Sia nel **Caso 1** che nel **Caso 2** il medico legge una pressione delle vie aeree di 30 cmH₂O, quindi è la misura della pressione esofagea che permette di discriminare le due condizioni e di modificare conseguentemente la ventilazione meccanica. Nel primo caso, infatti, superare i 30 cmH₂O nelle vie aeree per assicurare una adeguata ventilazione non comporta rischi aggiuntivi, in quanto la pressione transpolmonare rimarrebbe entro i limiti di sicurezza, mentre nel secondo caso il volume corrente o la PEEP dovrebbero essere ridotti per ricondurre la pressione transpolmonare nei limiti di sicurezza (inferiori a 15-20 cmH₂O).

Pressione esofagea e compliance/elastanza

La *Compliance* (C) e il suo reciproco, l'*Elastanza* (E), sono misure della distensibilità di una struttura meccanica e sono di estrema utilità nella caratterizzazione di un malato con insufficienza respiratoria acuta.

$$Compliance = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$Elastanza = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

Nell'insufficienza respiratoria acuta la compliance è strettamente correlata con la quantità di polmone ancora ventilabile. Nell'adulto normale la compliance è di circa 100 mL/cmH₂O: una compliance di 50 mL/cmH₂O indica che solo il 50% del polmone originale è ancora disponibile alla ventilazione (il rimanente è collassato o consolidato); una compliance di 20 mL/cmH₂O indica che solo il 20% del polmone originale è ancora disponibile alla ventilazione, e così via. Quindi, la misura della compliance fornisce un'idea delle dimensioni del polmone disponibile alla ventilazione (baby lung). Ovviamente, se dopo manovre di reclutamento polmonare aumentano le dimensioni del polmone disponibile alla ventilazione aumenta di conseguenza la compliance.

In un paziente adulto, a valori di compliance tra 40-50 mL/cmH₂O la ventilazione a bassi volumi correnti con PEEP è ancora verosimilmente nei limiti di sicurezza, mentre al di sotto dei 30 mL/cmH₂O si è in una zona di sicuro rischio di danno indotto dal ventilatore.

Per meglio caratterizzare questo rischio è meglio riferirsi alle componenti del sistema respiratorio (polmone e gabbia toracica) ed utilizzare il concetto di elastanza.

L'elastanza del sistema respiratorio è la pressione necessaria a distendere di 1 litro sia il polmone che il torace, l'elastanza polmonare è la pressione necessaria a distendere il solo polmone, mentre l'elastanza toracica è la pressione pleurica necessaria a distendere la sola gabbia toracica. Quindi, l'elastanza del sistema respiratorio è dato dalla somma dell'elastanza del polmone e della gabbia toracica.

In un paziente sano e in respiro spontaneo, l'elastanza del torace e del polmone sono uguali. Nello stesso paziente, ma supino e sedato, l'elastanza del torace e del polmone non sono più uguali (vedi Tabella 1), ma il loro rapporto diventa in media di 2 a 1, quindi la pressione necessaria per distendere il polmone è circa il doppio rispetto a quella

per il torace. Questo dato rappresenta, tuttavia, un valore medio e sfortunatamente il rapporto tra l'elastanza del polmone e del torace è soggetto ad un'estrema variabilità che può variare sia nei soggetti sani che nei malati. Quindi la misura della compliance / elastanza del polmone è fondamentale per una corretta gestione clinica del malato.

Pressione esofagea e ventilazione non invasiva

Durante la ventilazione non invasiva il monitoraggio è limitato alla rilevazione della *Pressione delle vie aeree* (P_{aw}) ed alla frequenza respiratoria, non essendo un'accurata misurazione del *Volume Corrente* che effettivamente ventila il paziente (per esempio dovuto a possibili perdite e/o elevata compliance della maschera o dell'elmetto).

Il calcolo della pressione esofagea mediante la misura della pressione esofagea ci permette di stimare l'efficienza della ventilazione non invasiva ed i possibili rischi di affaticamento respiratorio.

Nei soggetti sani durante la normale ventilazione la pressione esofagea oscilla tra -2 e -5 cmH₂O durante l'inspirazione.

Quindi se ad esempio, la pressione esofagea oscilla fra i -2 e -8 cmH₂O e la frequenza respiratoria è inferiore ai 25 atti al minuto, possiamo affermare che il paziente può tollerare adeguatamente la ventilazione non invasiva. Al contrario, se la pressione esofagea supera i -10 cmH₂O, sappiamo che lo sforzo che il paziente sta compiendo è estremamente elevato e non potrà tollerarlo a lungo. Quindi, la sola rilevazione della pressione delle vie aeree non è adeguata per una corretta gestione clinica del malato.

Pressione gastrica (modello a due palloncini)

La pressione addominale in condizioni normali, quando i muscoli addominali sono normalmente distesi e i visceri di dimensioni normali, è in prima approssimazione uguale alla pressione che si avrebbe se l'addome fosse pieno d'acqua. In queste condizioni, la pressione esercitata in qualunque punto dell'addome in direzione ventro-dorsale è data dall'altezza della colonna d'acqua sovrastante moltiplicata per la densità del liquido, che è pari a 1 per l'acqua.

Se, per esempio, le pareti dell'addome diventano più rigide e/o il volume dei visceri aumenta, la pressione addominale aumenterà e tutte le strutture sottoposte a questa pressione modificheranno il loro status. Il diaframma si sposterà in senso craniale, i volumi polmonari saranno ridotti, la perfusione splancica diminuirà con peggioramento della funzione gastrointestinale, epatica e renale.

Nella pratica clinica, la pressione addominale può venire stimata mediante la misurazione della pressione gastrica o della pressione vescicale. La misurazione della pressione gastrica permette la misurazione della pressione addominale evitando possibili rischi di infezione delle vie urinarie presenti impiegando la misurazione della pressione vescicale e in tutte quelle condizioni in cui è controindicato o non possibile impiegare la pressione vescicale (assenza di catetere urinario, trauma pelvico maggiore).

ISTRUZIONI PER L'USO

Inserimento del sondino naso-gastrico polifunzionale NutriVent™

- 1) Porre il paziente in posizione supina o semiseduta.
- 2) Anestetizzare la cavità nasale e la bocca con lidocaina 4% spray.
- 3) Lubrificare abbondantemente la guida metallica con il gel lubrificante ed inserirla all'interno del sondino NutriVent™ fino all'estremità distale.
- 4) Lubrificare abbondantemente il sondino NutriVent™ con il gel lubrificante in tutta la sua lunghezza.
- 5) Inserire il sondino NutriVent™ nella fossa nasale posteriore attraverso la narice e farlo avanzare nell'esofago e nello stomaco fino a raggiungere una profondità di 40-42 cm (**Figura 1**).

⚠ **Se il soggetto è cosciente, chiedere di deglutire durante il passaggio del sondino NutriVent™ per favorirne l'avanzamento.**

⚠ **Durante l'inserimento, verificare che il sondino NutriVent™ non si arrotoli nella cavità orale.**

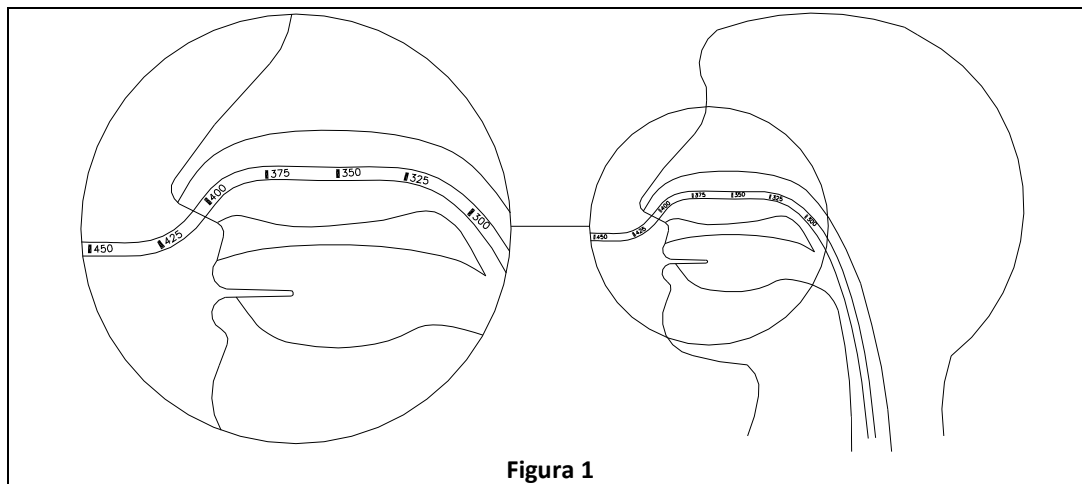


Figura 1

- 6) Sfilare delicatamente la guida metallica.
- 7) Fissare con cerotto il sondino NutriVent™ al naso.

Connessione al monitor e calibrazione

- 1) Collegare la linea di pressione che si vuole leggere (esofagea o gastrica) ad una delle due linee con rubinetto a tre vie (Figura 2 (B)) e collegare il rubinetto a tre vie ad un trasduttore di pressione dotato di luer-lock (Figura 2 (A)).

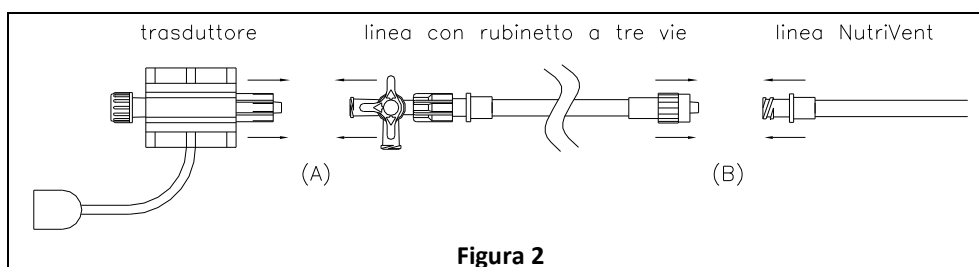


Figura 2

- 2) Connettere il trasduttore di pressione al monitor tramite il cavo dedicato (Figura 3).

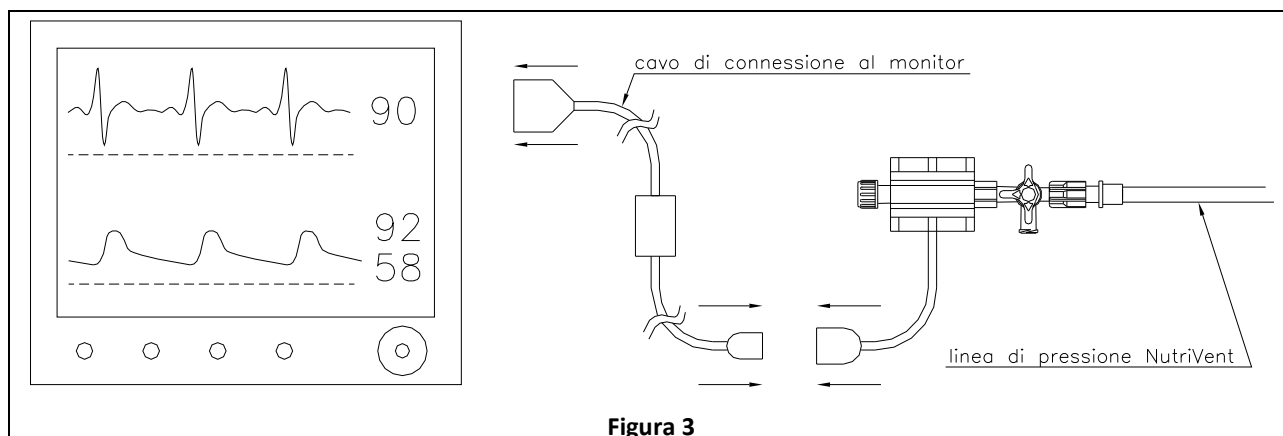


Figura 3

- 3) Mettere in aria il trasduttore di pressione ruotando opportunamente il rubinetto a tre vie ed eseguire la procedura di zero sul monitor (Figura 4).

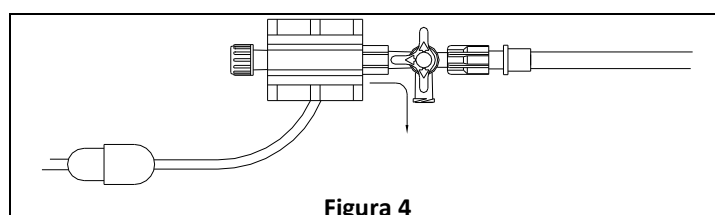
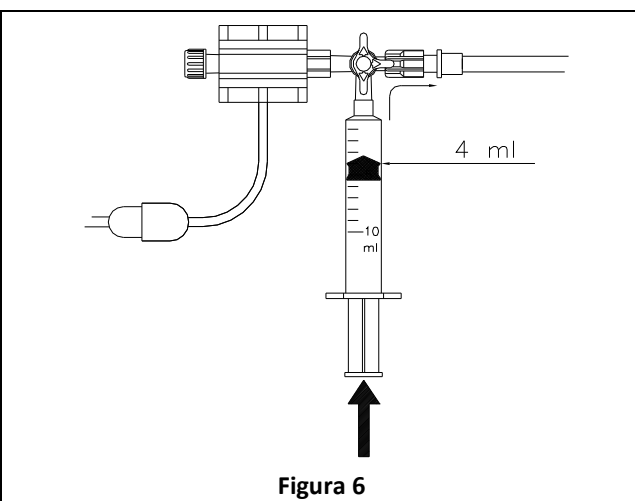
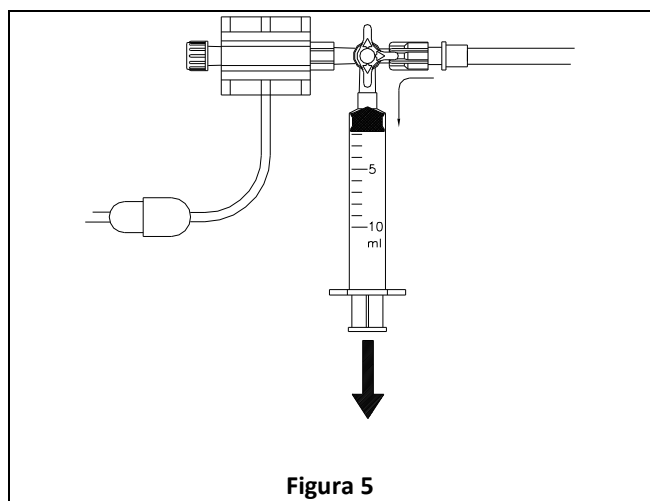


Figura 4

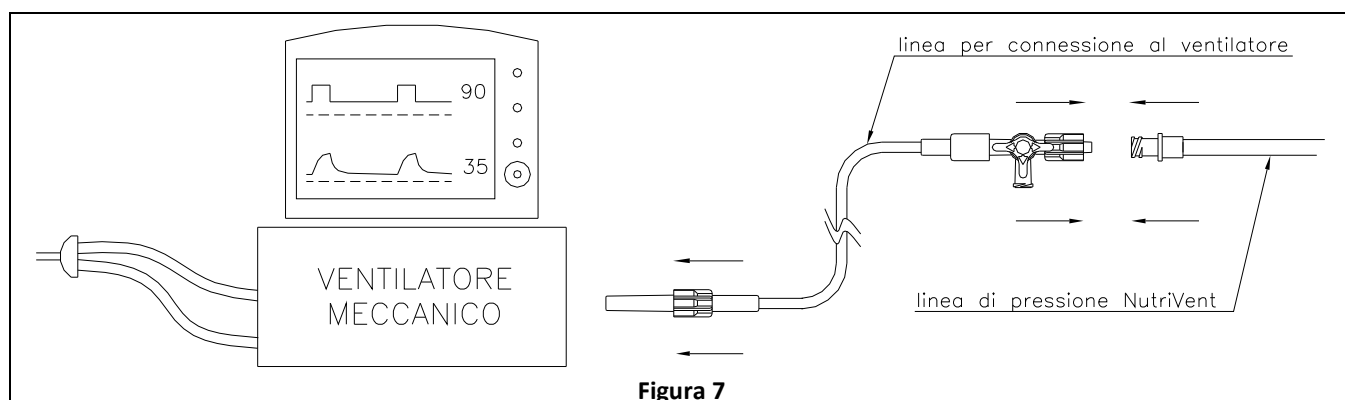
- 4) Tramite la siringa in dotazione aspirare tutta l'aria dal palloncino (**Figura 5**) e poi insufflare un volume d'aria di 4 mL (**Figura 6**); al termine chiudere il rubinetto a 3 vie ponendo in collegamento il trasduttore di pressione con la linea di pressione da misurare.

⚠ **Per un'accurata lettura, la procedura al punto 4) dovrà essere ripetuta se è passata più di un'ora dall'ultima misurazione.**



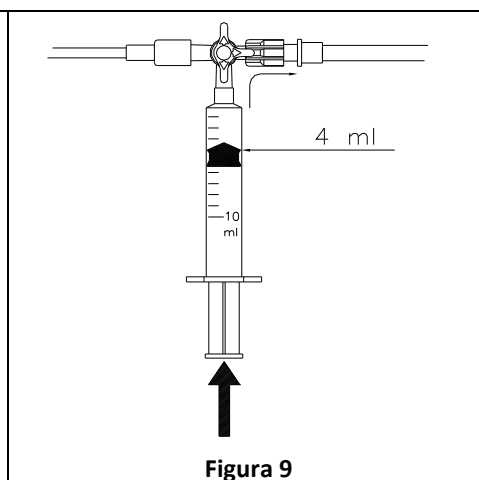
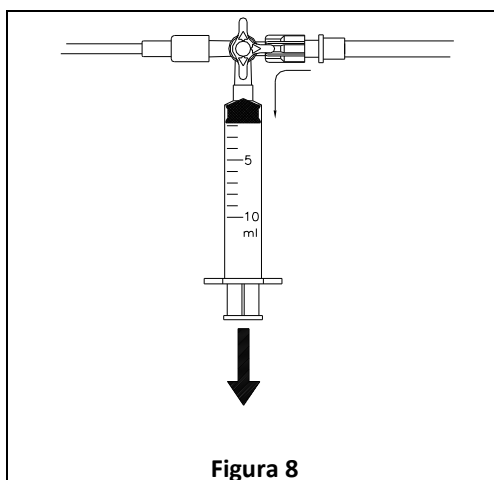
Connessione alla porta ausiliaria del ventilatore

- 1) Collegare la linea di pressione che si vuole leggere (esofagea o gastrica) alla porta ausiliaria del ventilatore meccanico tramite linea di connessione dedicata (**Figura 7**).



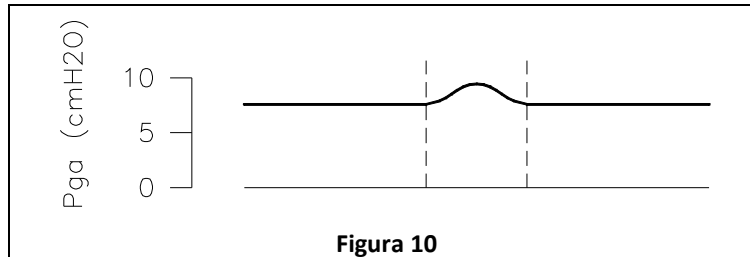
- 2) Tramite la siringa in dotazione aspirare tutta l'aria dal palloncino (**Figura 8**) e poi insufflare un volume d'aria di 4 mL (**Figura 9**); al termine chiudere il rubinetto a 3 vie ponendo in collegamento la porta ausiliaria del ventilatore con il palloncino.

⚠ **Per un'accurata lettura, la procedura del punto 2) dovrà essere ripetuta se è passata più di un'ora dall'ultima misurazione.**



Verifica del corretto posizionamento del palloncino gastrico (modello a due palloncini)

- 1) Premere l'addome in corrispondenza dell'epigastrio e verificare che ci sia un transitorio aumento della pressione gastrica (**Figura 10**).



Verifica del corretto posizionamento del palloncino esofageo

- 1) Nei soggetti senza attività respiratoria spontanea le variazioni di pressione esofagea e gastrica saranno sempre positive in tutto il ciclo respiratorio, al contrario nei soggetti con attività respiratoria spontanea, se il diaframma funziona correttamente, all'inizio dell'atto inspiratorio le variazioni di pressione gastrica saranno positive mentre quelle esofagee saranno negative.
 - a. Nei soggetti intubati con attività respiratoria spontanea è utile eseguire un test di occlusione delle vie aeree (sforzo inspiratorio a vie aeree occluse) per verificare che le variazioni della pressione esofagea varino concordemente alla pressione delle vie aeree durante uno sforzo inspiratorio.
 - b. Nei soggetti sottoposti a ventilazione non invasiva la pressione esofagea risulterà sempre negativa all'inizio dell'atto inspiratorio.
 - c. Il sondino NutriVent™ possiede 2 marcatori radioopachi posti alla fine del palloncino esofageo e all'inizio del palloncino gastrico, facilmente evidenziabili ad una comune radiografia del torace. I due marcatori dovranno trovarsi al termine dell'esofago e nello stomaco.

MISURE

Le misure lette al monitor utilizzando il sondino NutriVent™ sono espresse in millimetri di mercurio: per esprimerle in centimetri d'acqua bisogna moltiplicare i valori letti con un fattore di scala pari a 1,36.

Per esempio, 12 mmHg sono pari a $(12 \times 1,36) = 16,3 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Misura della pressione transpolmonare

Ventilazione meccanica

Durante ventilazione meccanica, per una corretta misurazione della *Pressione transpolmonare* (P_L), è necessario che il soggetto sia ben adattato alla ventilazione meccanica, adeguatamente sedato ed eventualmente curarizzato. E' indifferente la modalità di ventilazione.

Dopo aver posizionato il sondino NutriVent™ eseguire una pausa di fine espirazione seguita da una pausa di fine inspirazione. In questo modo sia il flusso espiratorio che il flusso inspiratorio saranno assenti e le pressioni che si svilupperanno all'interno del sistema respiratorio rifletteranno solamente le proprietà elastiche, quelle responsabili dell'eventuale danno polmonare. Nel caso si fosse impossibilitati a fare le pause (per esempio, con ventilatori sprovvisti di questa funzione), si possono comunque utilizzare i valori di pressione sia delle vie aeree che esofagei letti al termine dell'espirazione e al termine dell'inspirazione.

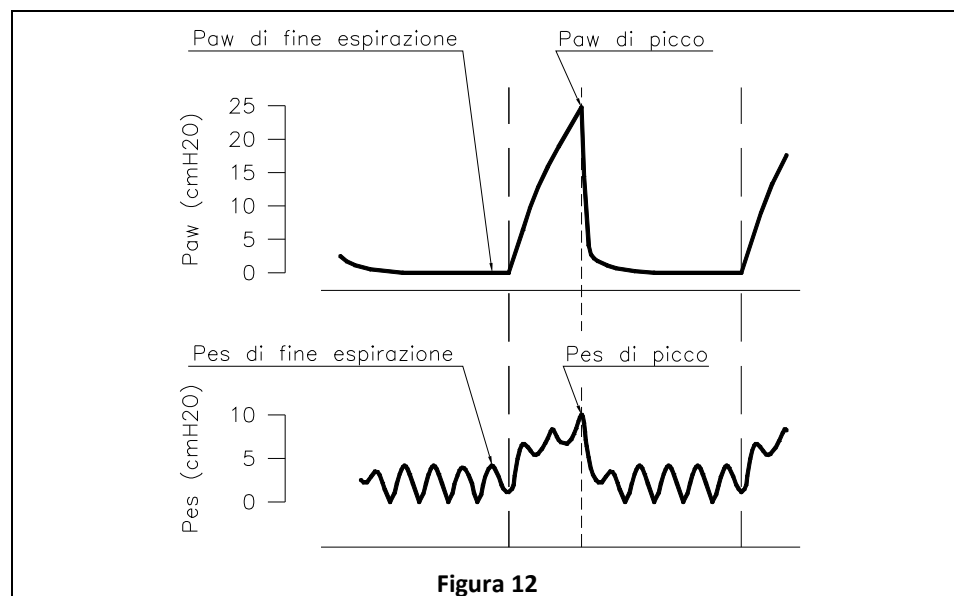
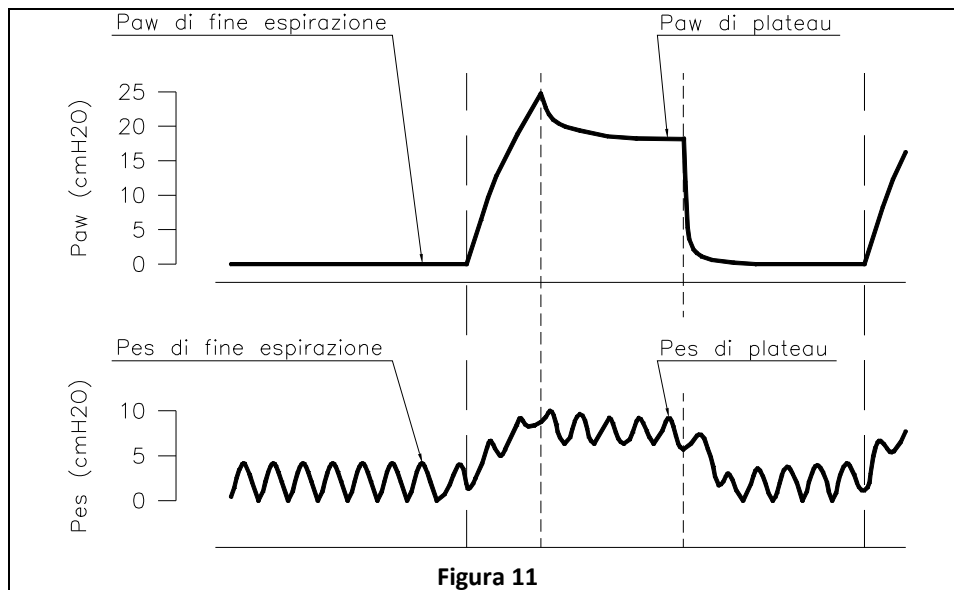
In **Figura 11** è riportato un esempio della traccia della pressione delle vie aeree e della pressione esofagea durante una pausa di fine espirazione e fine inspirazione; in **Figura 12** è riportato un esempio di traccia in assenza di pause.

La pressione delle vie aeree di fine espirazione verrà letta direttamente sul monitor o sul pannello del ventilatore come la pressione che si sviluppa al termine dell'espirazione, che di solito è uguale alla PEEP impostata, se non c'è auto PEEP, oppure maggiore della PEEP impostata sul ventilatore, nel caso di auto PEEP.

La pressione delle vie aeree di fine inspirazione verrà letta come la pressione che si sviluppa durante la pausa (P_{aw} di plateau, **Figura 11**) oppure come la pressione che si sviluppa al termine dell'inspirazione (P_{aw} di picco, **Figura 12**).

In modo analogo, la pressione esofagea verrà letta al monitor o sul ventilatore come la pressione che si sviluppa al termine dell'espirazione, mentre quella di fine inspirazione verrà letta come la pressione che si sviluppa durante la

pausa (P_{es} di plateau, **Figura 11**) oppure come la pressione che si sviluppa al termine dell'inspirazione (P_{es} di picco, **Figura 12**).



Legenda: P_{aw} = Pressione delle vie aeree; P_{es} = Pressione esofagea

Conoscendo la *Pressione delle vie aeree* (P_{aw}) e la *Pressione esofagea* (P_{es}), calcolare la variazione di *Pressione transpolmonare* (ΔP_L) mediante la seguente formula:

$$\Delta P_L = (P_{aw} \text{ di fine inspirazione} - P_{aw} \text{ di fine espirazione}) - (P_{es} \text{ di fine inspirazione} - P_{es} \text{ di fine espirazione})$$

Per ottenere un'accurata misurazione della *Pressione delle vie aeree* e della *Pressione esofagea* è necessario che la pausa di fine inspirazione ed espirazione abbia una durata di 2-4 secondi.

⚠ Nel caso di artefatti nella traccia della pressione esofagea, per esempio spasmi, si dovrà ripetere la misura.

Misura della compliance / elastanza del sistema respiratorio, del polmone e della gabbia toracica

Per ottenere la misurazione della compliance / elastanza è necessario conoscere la *Pressione esofagea*, la *Pressione delle vie aeree* ed il *Volume corrente*. La pressione delle vie aeree ed esofagea verranno misurate come nel caso della misurazione della pressione transpolmonare (capitolo Misura della pressione transpolmonare). Per ottenere un'accurata misurazione della *Pressione delle vie aeree* e della *Pressione esofagea* è necessario che la pausa di fine

inspirazione ed espirazione abbia una durata di 2-4 secondi. In assenza di una pausa di fine espirazione ed inspirazione è sempre possibile il calcolo della compliance / elastanza.

⚠ **Nel caso di artefatti nella traccia della pressione esofagea, per esempio spasmi, si dovrà ripetere la misura.**

La compliance / elastanza del sistema respiratorio, del polmone e della gabbia toracica verranno calcolate mediante le seguenti formule:

Compliance

| | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema respiratorio (Respiratory system) | $C_{RS} = \frac{\text{volume corrente}}{P_{aw} \text{ fine inspirazione} - P_{aw} \text{ fine espirazione}}$ |
| Polmonare (Lung) | $C_L = \frac{\text{volume corrente}}{(P_{aw} \text{ fine insp.} - P_{aw} \text{ fine esp.}) - (P_{es} \text{ fine insp} - P_{es} \text{ fine esp.})}$ |
| Toracica (Chest wall) | $C_{CW} = \frac{\text{volume corrente}}{P_{es} \text{ fine inspirazione} - P_{es} \text{ fine espirazione}}$ |

Elastanza

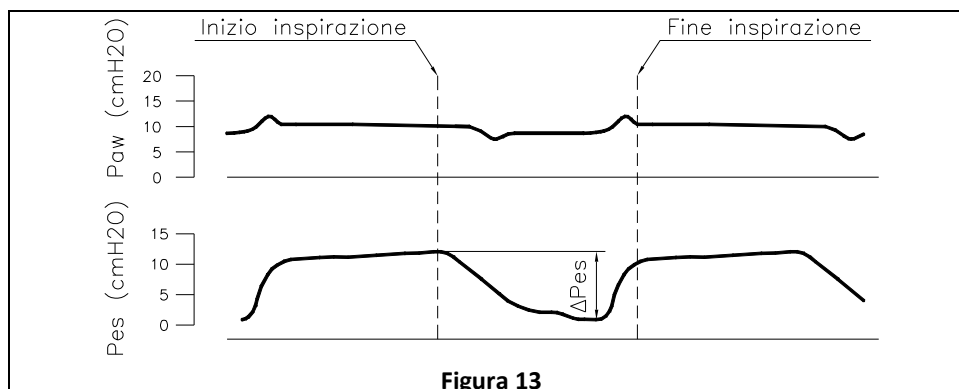
| | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema respiratorio (Respiratory system) | $E_{RS} = \frac{P_{aw} \text{ fine inspirazione} - P_{aw} \text{ fine espirazione}}{\text{volume corrente}}$ |
| Polmonare (Lung) | $E_L = \frac{(P_{aw} \text{ fine insp.} - P_{aw} \text{ fine esp.}) - (P_{es} \text{ fine insp} - P_{es} \text{ fine esp.})}{\text{volume corrente}}$ |
| Toracica (Chest wall) | $E_{CW} = \frac{P_{es} \text{ fine inspirazione} - P_{es} \text{ fine espirazione}}{\text{volume corrente}}$ |

Legenda: P_{aw} = Pressione delle vie aeree; P_{es} = Pressione esofagea.

Misura dello sforzo inspiratorio

Dopo aver posizionato il sondino NutriVent™ e messo in lettura la linea della *Pressione Esofagea* sul monitor o sul ventilatore si misureranno le massime variazioni della *Pressione Esofagea* (ΔP_{es}) dall'inizio dell'inspirazione alla sua massima escursione.

In **Figura 13** è riportato il caso di ventilazione in CPAP, mentre in **Figura 14** il caso della ventilazione assistita.



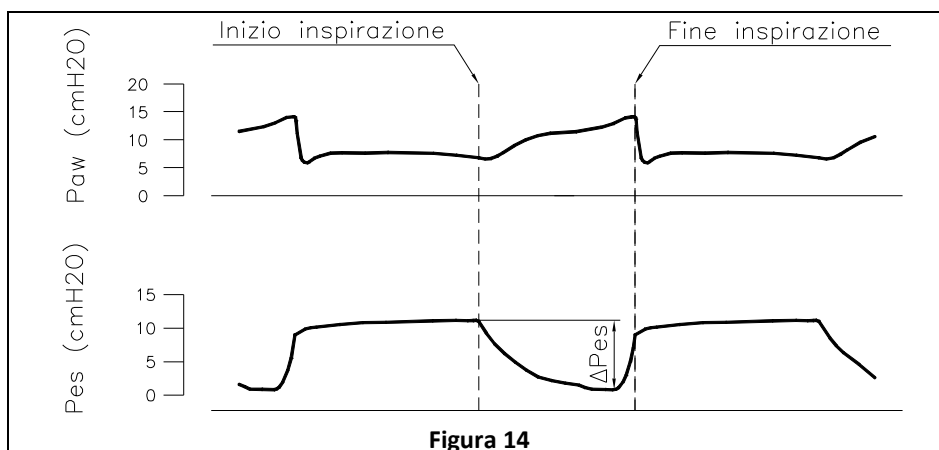


Figura 14

⚠ Nel caso di artefatti nella traccia della pressione esofagea, per esempio spasmi, si dovrà ripetere la misura.

Misura della pressione gastrica (modello a due palloncini)

Dopo aver posizionato il sondino NutriVent™ ed aver connesso la linea di pressione gastrica al monitor o al ventilatore:

- 1) porre il paziente in posizione supina;
- 2) leggere il valore di *Pressione gastrica* (P_{ga}) durante la fase espiratoria. (Figura 15)

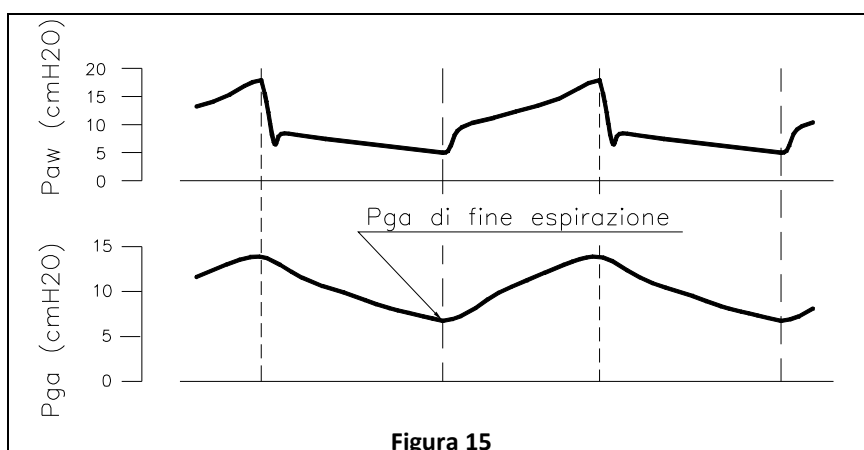


Figura 15

VALORI DI RIFERIMENTO

Tabella 1 - Compliance

| | C_{RS} [mL/cmH ₂ O] | C_L [mL/cmH ₂ O] | C_{CW} [mL/cmH ₂ O] |
|----------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Soggetti sani in anestesia generale | 70-80 | 110-130 | 180-210 |
| Soggetti con ALI/ARDS | 30-40 | 40-60 | 70-100 |
| Soggetti COPD con insufficienza respiratoria | 50-90 | 100-170 | 150-260 |

Legenda: C_{RS} = Compliance sistema respiratorio; C_L = Compliance polmonare; C_{CW} = Compliance toracica;
COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease;

Tabella 2 - Elastanza

| | E_{RS} [cmH ₂ O/L] | E_L [cmH ₂ O/L] | E_{CW} [cmH ₂ O/L] |
|----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Soggetti sani in anestesia generale | 12-14 | 8-9 | 4-5 |
| Soggetti con ALI/ARDS | 25-37 | 17-24 | 8-13 |
| Soggetti COPD con insufficienza respiratoria | 11-19 | 6-10 | 5-9 |

Legenda: E_{RS} = Elastanza sistema respiratorio; E_L = Elastanza polmonare; E_{CW} = Elastanza toracica;
COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease;

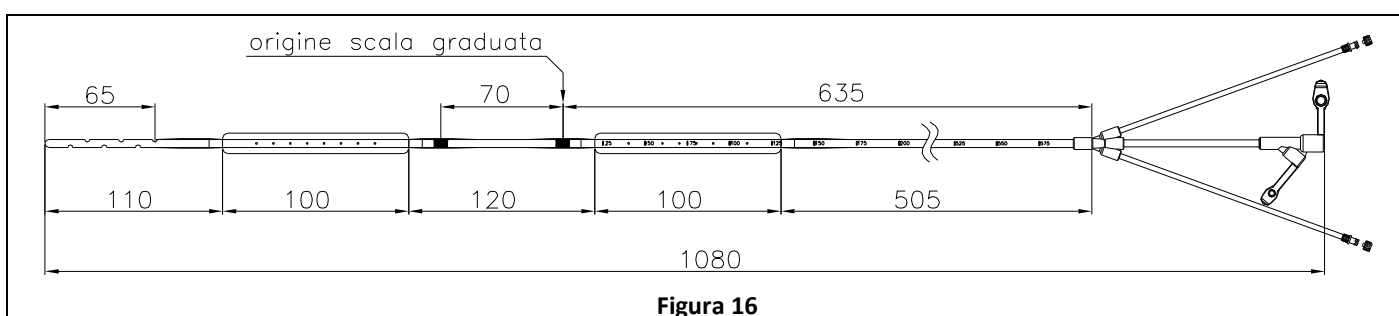
Tabella 3 - Pressione addominale (modello a due palloncini)

| | Pressione addominale | |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|
| | [mmHg] | [cmH ₂ O] |
| Normalità | 4-7 | 5,4-9,5 |
| Ipertensione addominale | ≥ 12 | ≥ 16,3 |
| Sindrome compartimentale | ≥ 20 | ≥ 27,2 |
| | Associata alla comparsa di una nuova insufficienza d'organo | |

BIBLIOGRAFIA

(1) Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza D, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L. "Stress e strain polmonare durante ventilazione meccanica per sindrome da distress respiratorio acuto" Am J Respir Crit Care Med. 2008 Aug 15; 178(4):346-55.

PRINCIPALI DIMENSIONI



INDICAZIONI IMPORTANTI

Il dispositivo consente di rilevare e registrare in continuo i valori della *Pressione gastrica* e della *Pressione esofagea*, ma non consente l'adeguamento automatico del ventilatore, operazione che deve essere tassativamente eseguita, manualmente, dal medico.

AVVERTENZE

Il riutilizzo del dispositivo può portare anche a grave peggioramento dello stato di salute del paziente per effetto di possibili contaminazioni microbiche.

SMALTIMENTO

Il dispositivo utilizzato deve essere smaltito come rifiuto ospedaliero, in accordo alle normative vigenti.

FABBRICANTE



SIDAM s.r.l

Via Statale Sud, 169

41037 San Giacomo Roncole

MIRANDOLA (MO)

LATEX FREE



STERILE EO

PVC FREE

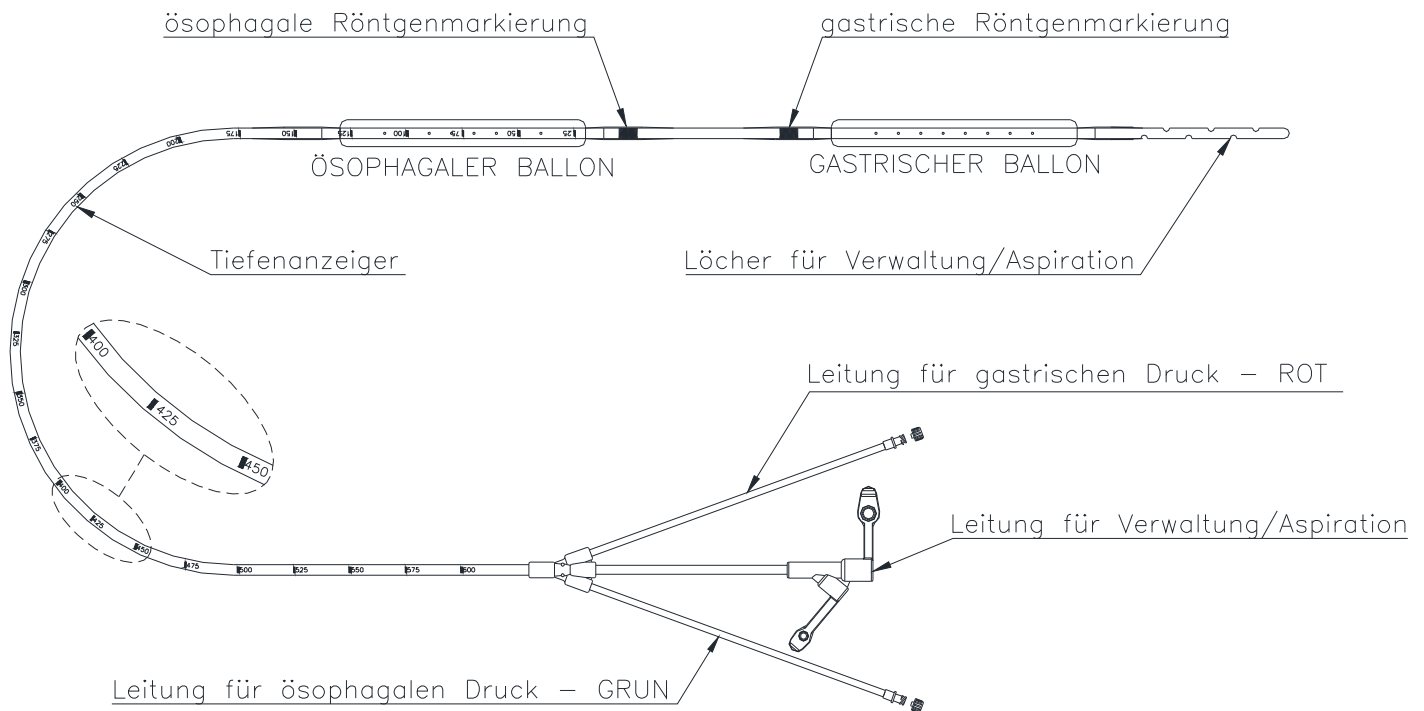


CE 0123

NUTRIVENT™ NASOGASTRISCHE MEHRZWECKSONDE

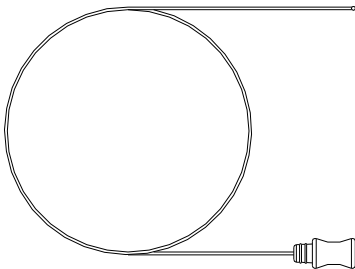
INHALT DER VERPACKUNG

Nutrivent™ nasogastrische Mehrzwecksonde (für die Abmessungen siehe Zeichnung auf Seite 25)

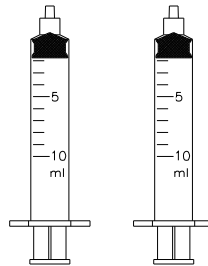


DE

Metallführung zum Einführen

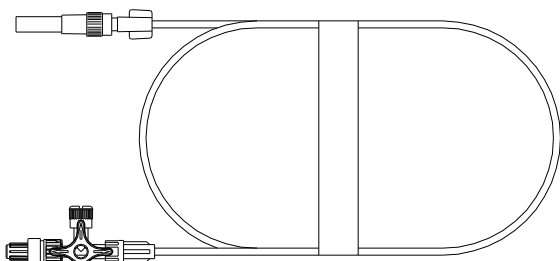


Spritze (2x)



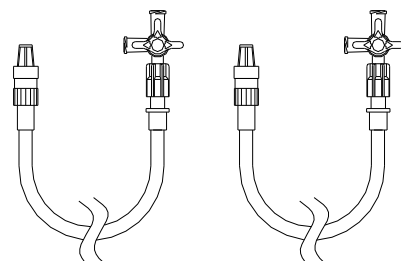
REF 09031009 – REF 09031015

Leitungen mit Drei-Wege-Hahn (2x)



REF 09031003 – REF 09031006

Verbindungsline mit Drei-Wege-Hahn (2x)



Die nasogastrische Mehrzwecksonde NutriVent™ ist ein Katheder aus Polyurethan mit zwei Polyethylenballons zur Ermittlung des ösophagalen und des gastrischen Drucks. Die NutriVent™ Sonde ist flexibel, atraumatisch und kann auch über längere Zeit hinweg eingesetzt werden (maximal 29 Tage).

Die NutriVent™ Sonde kann sowohl direkt an einen Monitor als auch an ein mechanisches Beatmungsgerät angeschlossen werden, sofern dieses mit einem Nebeneingang zur Ermittlung des Drucks ausgestattet ist.

INDIKATIONEN

Die NutriVent™-Sonde eignet sich für alle Situationen in denen der ösophagale Druck und der gastrische Druck eines erwachsenen Patienten gemessen und überwacht werden müssen. Der ösophagale und der gastrische Druck sind entscheidend für die korrekte Steuerung des Beatmungsgeräts bei einem kritischen Patienten.

Darüber hinaus bietet die NutriVent™ Sonde alle Funktionen einer normalen transnasalen Ernährungssonde.

VORTEILE

- Einzel-Katheter
- Kontinuierliche Messung und Überwachung des ösophagalen und des gastrischen Drucks
- Erfordert keine zusätzlichen Vorrichtungen und die Infektionsgefahr der Harnwege entfällt.

GEGENANZEIGEN

- Unkontrollierte Koagulopathie
- Schwere Thrombozytopenie
- Nasentraumata
- Ösophagusvarizen

WARUM UND WANN IST DIE MESSUNG DES ÖSOPHAGALEN UND DES GASTRICHE DRUCKS VORZUNEHMEN

Die Messung des ösophagalen Drucks empfiehlt sich:

- 1) während der maschinellen Beatmung bei Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz (z.B. bei kardiogenem und nicht kardiogenem Lungenödem), um Schäden zu verhindern, die durch das Beatmungsgerät hervorgerufen werden (VILI);
- 2) während der nicht-invasiven Beatmung, zur Bewertung der Atemaufwands des Patienten und seiner Toleranzfähigkeit gegenüber der nicht-invasiven Beatmung.

Ösophagaler Druck und Schäden, die durch das Beatmungsgerät induzierte werden

Es ist bekannt, dass ein am Beatmungsgerät abgelesener *Luftwegedruck* (P_{aw}) von 30 cm H₂O den Schwellenwert für *durch das Beatmungsgerät induzierte Schäden* (VILI) darstellt. Die eigentliche Ursache für den Lungenschaden ist jedoch ein übermäßiger transpulmonaler Druck, der 15-20 cm H₂O übersteigt. Unter *transpulmonalem Druck* (P_L) versteht sich jener Bruchteil des Luftwegedrucks, der für die Dehnung der Lunge "verbraucht" wird, der verbleibende Anteil ist der sog. *Pleuraldruck* (P_{pl}), der zur Ausdehnung des Brustkorbs auf ein äquivalentes Volumen dient. Da die unmittelbare Messung des *Pleuraldrucks* (P_{pl}) nicht möglich ist, wird in der klinischen Praxis der *ösophagale Druck* (P_{es}) verwendet, der sich als ein guter Indikator erwiesen hat.

Die Formel lautet:

$$\Delta P_{aw} = \Delta P_L + \Delta P_{pl}$$

Diese Gleichung stellt die "Fraktionierung der Atemmechanik" dar.

Folglich lässt sich, mithilfe der Messung des ösophagalen Drucks, der transpulmonale Druck berechnen (d.h. $\Delta P_L = \Delta P_{aw} - \Delta P_{es}$).

Es ist nachgewiesen, dass der Luftwegedruck einen ungeeigneten Ersatz für den transpulmonalen Druck (¹) darstellt: Aus den nachstehend in Betracht gezogenen Fällen wird ersichtlich, dass bei ein und demselben Luftwegedruckwert von 30 cm H₂O auch sehr niedrige transpulmonale Drücke auftreten können. Dies ist auf die Veränderlichkeit der Brustkorbelastizität zurückzuführen.

Fall 1: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ und $\Delta P_L = 7 \text{ cmH}_2\text{O}$

In dieser Situation werden 23 cm H₂O des Drucks für das Dehnen des Brustkorbs und nur 7 cm H₂O für das Dehnen der Lunge verbraucht. Dieser transpulmonale Druck kann sich als unzureichend für einen geeigneten Gasaustausch erweisen.

Fall 2: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ und $\Delta P_L = 28 \text{ cmH}_2\text{O}$

In dieser Situation werden nur 2 cm H₂O zum Dehnen des Brustkorbs und 28 cm H₂O zum Dehnen der Lunge verbraucht. Dieser transpulmonale Druck nähert sich dem Druckwert, der bei der maximalen Inspirationskapazität der Lunge gemessen wird und ist sicherlich so beschaffen, dass er irreversible Schäden an der Lunge bewirkt.

Sowohl in **Fall 1** als auch in **Fall 2** liest der Arzt ein Luftwegedruck von 30 cm H₂O ab und es ist somit die Messung des ösophagalen Drucks, die es erlaubt, die beiden Situationen unterschiedlich zu behandeln und die mechanische Beatmung entsprechend zu verändern. In der Tat würde im ersten Fall eine Erhöhung des Drucks in den Luftwegen über 30 cm H₂O, um eine angemessene Beatmung zu gewährleisten, keine zusätzlichen Risiken hervorrufen, weil der transpulmonale Druck innerhalb der Sicherheitsgrenzwerte verbleiben würde; im zweiten Fall müsste das Tidalvolumen oder der PEEP reduziert werden, um den transpulmonalen Druck unter die Grenzwerte (niedriger als 15-20 cm H₂O) zurückzuführen.

Ösophagaler Druck und Compliance/Elastanz

Die *Compliance* (C) und ihre Umkehrfunktion, die *Elastanz* (E), dienen als Maß für die Dehnbarkeit von Körperstrukturen und sind von größter Bedeutung in der Charakteristik von Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz.

$$\text{Compliance} = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$\text{Elastanz} = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

Bei akuter respiratorischer Insuffizienz ist die Compliance eng mit der Lungenmenge verbunden, die noch belüftbar ist. Bei einem normalen Erwachsenen beträgt die Compliance ungefähr 100 ml/cm H₂O. Eine Compliance von 50 ml/cm H₂O besagt, dass nur 50% der ursprünglichen Lunge für die Belüftung zur Verfügung stehen (der Rest hat kollabiert oder konsolidiert), eine Compliance von 20 ml/cm H₂O zeigt an, dass nur 20% der ursprünglichen Lunge für die Belüftung zur Verfügung stehen und so fort. Die Messung der Compliance vermittelt somit eine Vorstellung von den Abmessungen der Lunge, die zur Belüftung zur Verfügung stehen (Baby Lung). Wenn nach Manövern der Lungenrekrutierung die Abmessungen, die für die Belüftung empfänglich sind, zunehmen, so erhöhen sich selbstverständlich auch die Compliance-Werte als Folge dieser Zunahme.

Bei einem erwachsenen Patienten mit Compliance-Werten zwischen 40-50 ml/cm H₂O, hält sich die Beatmung mit niedrigem Tidalvolumen mit PEEP noch im Rahmen der Sicherheits-Grenzwerte, während wir uns bei Werten, die unter 30 ml/cm H₂O liegen im Bereich des tatsächlichen Risikos von Schäden, die durch das Beatmungsgerät induziert werden, befinden.

Diese Gefahr lässt sich besser charakterisieren, indem auf die Komponenten des Atemsystems (Lunge und Brustkorb) Bezug genommen und das Konzept der Elastanz zu Hilfe genommen wird.

Unter Elastanz des Atmungssystems versteht sich der Druck, der erforderlich ist, um sowohl die Lunge als auch den Brustkorb um 1 Liter auszudehnen; die Lungenelastanz gibt den Druck an, der zum Ausdehnen der Lunge benötigt wird, während die Elastanz des Brustkorbs den Pleuraldruck besagt, der zum Ausdehnen der Thoraxwand erforderlich ist. Somit ergibt sich die Elastanz des Atmungssystems aus der Summe der Elastanz der Lunge und des Brustkorbs.

Bei einem gesunden, spontan atmenden Menschen entspricht die Elastanz des Brustkorbs der Elastanz der Lunge. Bei dem gleichen Menschen weichen jedoch die Elastanzwerte voneinander ab, wenn die Sitzposition oder die Rückenlage eingenommen wird (siehe Tabelle 1), wobei das Verhältnis im Durchschnitt 2 zu 1 beträgt. Dies besagt, dass der Druck, der zum Ausdehnen der Lunge erforderlich ist, in etwa doppelt so hoch ist wie der Druck, der zum Ausdehnen des Brustkorbs benötigt wird. Es handelt sich hier jedoch um einen Durchschnittswert und leider unterliegt das Verhältnis zwischen der Elastanz der Lunge und der des Brustkorbs einer extrem starken Variabilität, die sowohl bei gesunden Menschen, als auch bei Patienten unterschiedlich sein kann.

Aus diesem Grund ist die Messung der Compliance/Elastanz der Lunge grundlegend für eine korrekte klinische Vorgehensweise am Patienten.

Ösophagealer Druck und nicht-invasive Beatmung

Während der nicht-invasiven Beatmung beschränkt sich die Überwachung auf die Aufzeichnung des *Luftwegedrucks* (P_{aw}) und der Atemfrequenz, da es sich nicht um eine genaue Messung des *Tidalvolumens* handelt, mit dem der Patient tatsächlich beatmet wird (z.B. aufgrund von möglichen Verlusten und/oder hoher Compliance der Maske bzw. des Helms).

Die Berechnung des ösophagealen Drucks mithilfe seiner Messung gestattet die Bewertung der Wirksamkeit einer nicht-invasiven Beatmung und der möglichen Gefahr einer Ermüdung der Atemwege.

Bei gesunden Menschen schwankt der ösophageale Druck während der Inspiration zwischen -2 und -5 cm H₂O.

Wenn der ösophageale Druck beispielsweise zwischen -2 und -8 cm H₂O schwankt und die Atemfrequenz unter 25 Atemzügen pro Minute liegt, ist davon auszugehen, dass der Patient die nicht-invasive Beatmung angemessen vertragen kann. Wenn der ösophageale Druck hingegen den Wert von -10 cm H₂O übersteigt, so besagt dies, dass der Patient eine extrem hohe Anstrengung macht und nicht in der Lage sein wird, diese über längere Zeit hinweg zu ertragen. Die Aufzeichnung des Luftwegedrucks alleine ist daher nicht ausreichend für eine korrekte klinische Steuerung des Patienten.

Gastrischer Druck (Modell mit zwei Ballons)

Der Abdominaldruck entspricht unter normalen Bedingungen, bei normal gestreckten Bauchmuskeln und Eingeweiden mit normalen Abmessungen, annähernd dem Druck, der entstehen würde, wenn der Abdomen voll mit Wasser angefüllt wäre. Unter den vorgenannten Bedingungen ist der Druck, der an jeder Stelle des Abdomens in ventro-dorsaler Richtung ausgeübt wird, durch die Höhe der darüber stehenden Wassersäule, multipliziert mit der Flüssigkeitsdichte, die für Wasser 1 beträgt, gegeben.

Wenn sich beispielsweise die Abdomenwände versteifen und/oder das Volumen der Eingeweide zunimmt, so erhöht sich der Abdominaldruck und sämtliche Strukturen, die diesem Druck ausgesetzt sind, verändern ihren Zustand: das Zwerchfell verlagert sich in kranialer Richtung, die Pulmonalvolumina werden reduziert, die splanchnische Durchblutung nimmt ab, was eine Verschlechterung der gastrointestinalen Funktion, sowie der Leber- und Nierenfunktion zur Folge hat.

In der klinischen Praxis lässt sich der Abdominaldruck mithilfe der Messung des gastrischen Drucks oder des Blasendrucks schätzen. Die Messung des gastrischen Drucks gestattet das Messen des Abdominaldrucks unter Vermeidung einer möglichen Infektionsgefahr der Harnwege, die bei der Messung des Blasendrucks auftreten kann und empfiehlt sich in all jenen Situationen, in denen die Messung des Blasendrucks kontraindiziert oder nicht durchführbar ist (kein Blasenkatheder vorhanden, schweres Beckentrauma).

BEDIENUNGSANLEITUNG

Einführen der NutriVent™ nasogastrischen Multifunktionssonde

- 1) Den Patienten in Rückenlage oder halb sitzende Position bringen.
- 2) Die Nasenhöhle und den Mund mit 4% Lidocain-Spray betäuben.
- 3) Die Metallführung reichlich mit Gleitgel schmieren und in die NutriVent™ Sonde bis zum Distalende einführen.
- 4) Die NutriVent™ Sonde reichlich auf der ganzen Länge mit Gleitgel schmieren.
- 5) Die NutriVent™ Sonde durch das Nasenloch in die hintere Nasenhöhle einführen und durch die Speiseröhre in den Magen schieben, bis eine Tiefe von 40-42 cm erreicht ist (**Abbildung 1**).

⚠ **Wenn der Patient bei Bewusstsein ist, bitten Sie ihn, während des Einführens der NutriVent™ Sonde zu schlucken, um den Vorschub zu erleichtern.**

⚠ **Achten Sie während des Einführens darauf, dass sich die NutriVent™ Sonde nicht im Rachen aufwickelt.**

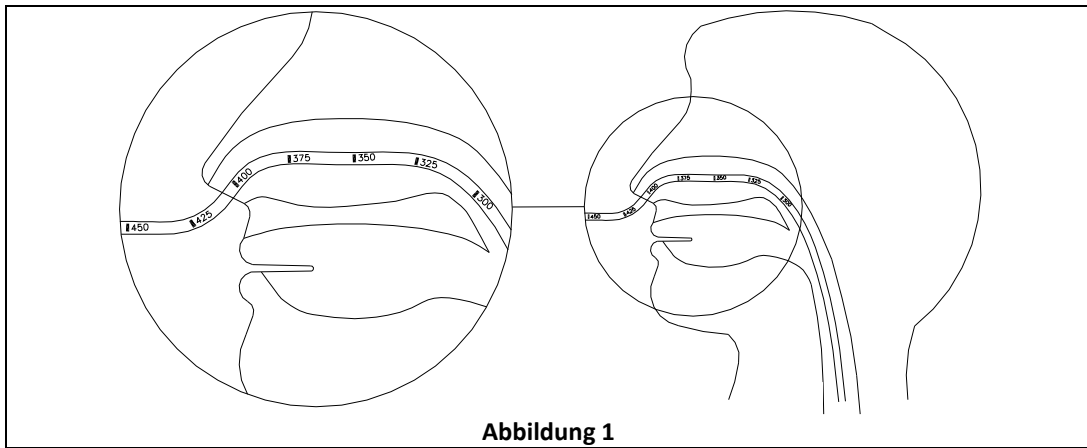


Abbildung 1

- 6) Die Metallführung vorsichtig herausziehen.
- 7) Die NutriVent™ Sonde mit dem Pflaster an der Nase befestigen.

Anschließen an den Monitor und Kalibrierung

- 1) Die abzulesende Drucklinie (Ösophagus oder Magen) an eine der beiden Linien mit Drei-Wege-Hahn anschließen (**Abbildung 2 (A)**) und den Drei-Wege-Hahn an einen Druckumwandler anschließen, der mit Luer-Lock versehen ist (**Abbildung 2 (B)**).

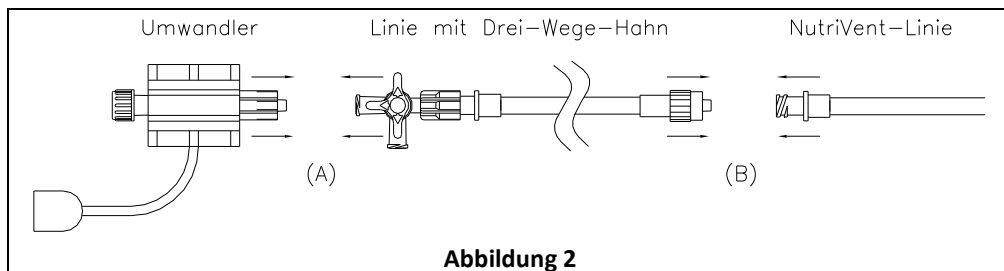


Abbildung 2

- 2) n Druckumwandler mittels des entsprechenden Kabels an den Monitor anschließen (**Abbildung 3**).

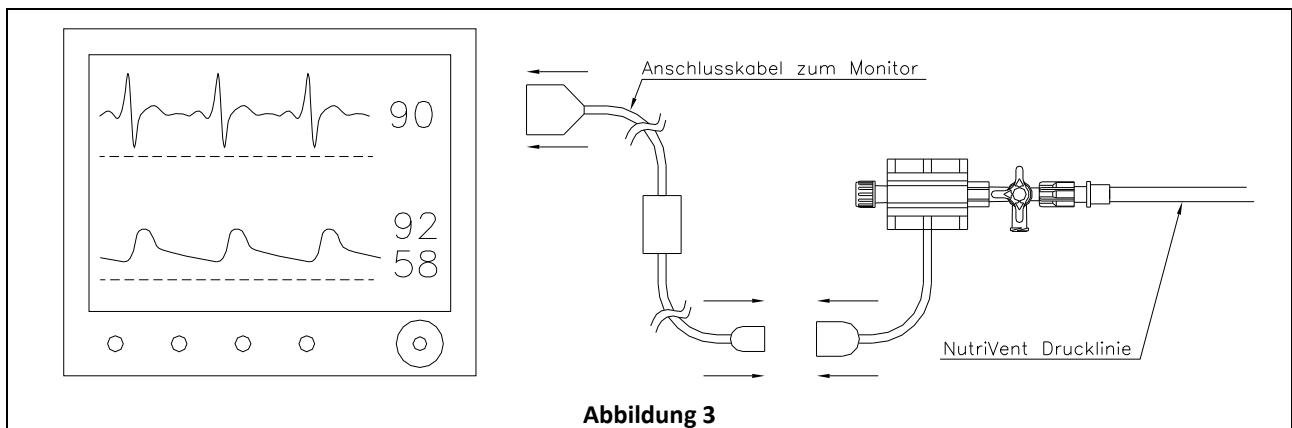


Abbildung 3

- 3) Durch entsprechendes Drehen des Drei-Wege-Hahns den Druckumwandler unter Luft setzen und die Null-Prozedur am Monitor vornehmen (**Abbildung 4**).

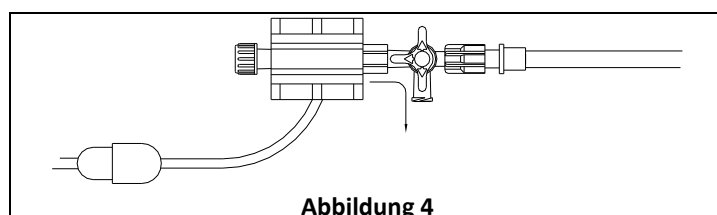
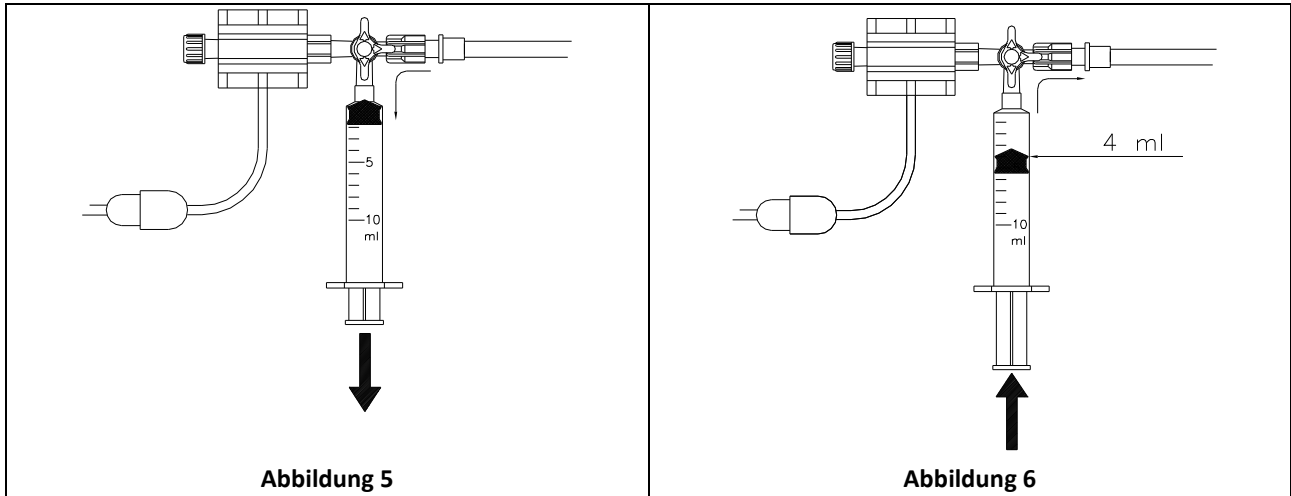


Abbildung 4

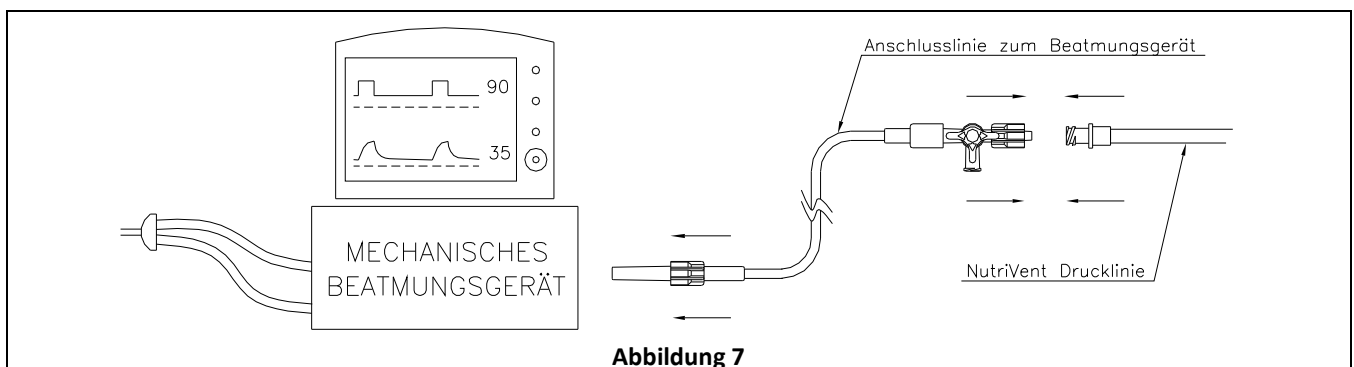
- 4) Mithilfe der mitgelieferten Spritze alle Luft aus dem Ballon saugen (**Abbildung 5**) und danach ein Luftvolumen von 4 ml (**Abbildung 6**) einblasen; zum Schluss den Drei-Wege-Hahn schließen indem der Druckumwandler an die zu messende Drucklinie angeschlossen wird.

⚠ **Für eine genaue Ablesung ist die unter Punkt 4) beschriebene Prozedur zu wiederholen, falls die letzte Messung mehr als eine Stunde zurück liegt.**



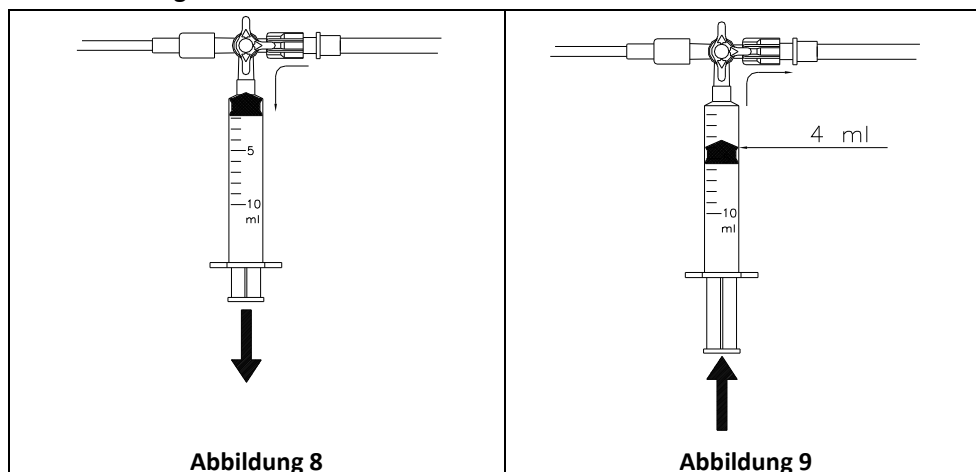
Anschluss an den Nebeneingang des Beatmungsgeräts

- 1) Die abzulesende Drucklinie (Ösophagus oder Magen) durch die entsprechende Anschlusslinie mit dem Nebeneingang des mechanischen Beatmungsgeräts verbinden (**Abbildung 7**).



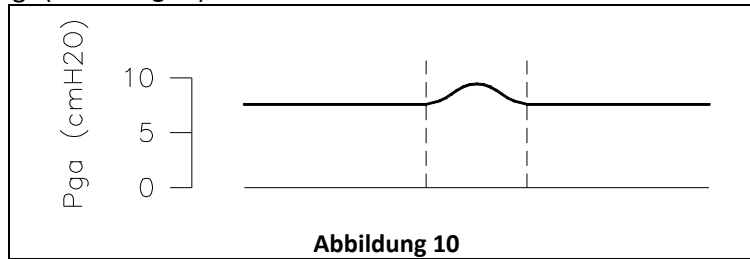
- 2) Mithilfe der mitgelieferten Spritze alle Luft aus dem Ballon saugen (**Abbildung 8**) und danach ein Luftvolumen von 4 ml (**Abbildung 9**) einblasen. Zum Schluss den Drei-Wege-Hahn schließen, indem der Nebeneingang des Beatmungsgeräts mit dem Ballon verbunden wird.

⚠ **Für eine genaue Ablesung ist die unter Punkt 2) beschriebene Prozedur zu wiederholen, falls die letzte Messung mehr als eine Stunde zurück liegt.**



Überprüfen der korrekten Positionierung des gastrischen Ballons (Modell mit zwei Ballons)

- 1) Den Abdomen auf der Höhe der Magengrube drücken und kontrollieren, dass eine vorübergehende Erhöhung des gastrischen Drucks erfolgt (**Abbildung 10**).



Überprüfen der korrekten Positionierung des ösophagalen Ballons

- 1) Bei Patienten ohne spontane Atmungstätigkeit, werden die Veränderungen des ösophagalen und des gastrischen Drucks während des gesamten Atmungszyklus stets positiv sein; hingegen werden bei spontan atmenden Patienten, bei korrekt arbeitendem Zwerchfell, die Veränderungen des gastrischen Drucks positiv, die des ösophagalen Drucks dagegen negativ sein.
 - a. Bei intubierten Patienten mit spontaner Atmungstätigkeit empfiehlt es sich, einen Okklusionstest der Luftwege (Atemaufwand mit verstopften Luftwegen) durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Variationen des ösophagalen Drucks, während der Atemungsanstrengung gemäß des Luftwegedrucks wechseln.
 - b. Bei Patienten mit nicht-invasiver Beatmung ist der ösophagale Druck zu Beginn der Inspirationstätigkeit immer negativ.
 - c. Die NutriVent™ Sonde ist mit 2 Röntgenmarkierungen versehen, die am Ende der ösophagalen Ballons und am Anfang des gastrischen Ballons platziert sind und die sich mit einer einfachen Röntgenaufnahme des Brustkorbs leicht erkennen lassen. Die beiden Markierungen müssen sich am Ende des Ösophagus und im Magen befinden.

MESSUNGEN

Die mit der NutriVent™ Sonde durchgeführten Messungen werden am Monitor in Millimetern Quecksilbersäule angezeigt. Um sie in Wasser Zentimetern auszudrücken, sind die abgelesenen Werte mit einem Skalenfaktor von 1,36 zu multiplizieren. Beispiel: 12 mmHg entsprechen ($12 \times 1,36$) = 16,3 cm H₂O.

Messung des transpulmonalen Drucks

Mechanische Beatmung

Für die korrekte Messung des transpulmonalen Drucks (P_L) während der mechanischen Beatmung muss der Patient gut für die mechanische Beatmung angepasst, entsprechend sediert und möglicherweise kurarisiert sein. Der Belüftungsmodus spielt keine Rolle.

Nach der Positionierung der NutriVent™ Sonde ist eine Pause am Ende der Inspiration, gefolgt von einer weiteren Pause am Ende der Expiration einzulegen. Auf diese Weise sind weder ein Inspirations- noch ein Expirationsfluss vorhanden und die Drücke, die sich im Inneren des Atmungssystems entwickeln, reflektieren ausschließlich jene elastischen Eigenschaften, denen ein eventueller Lungenschaden zuzuschreiben ist. Falls es nicht möglich ist eine Pause einzulegen (z.B. bei Beatmungsgeräten, die nicht über diese Funktion verfügen), können die am Ende der Inspiration und Expiration abgelesenen Werte des Luftwegedrucks und des ösophagalen Drucks dennoch verwendet werden.

Die **Abbildung 11** liefert ein Beispiel für die Aufzeichnungen des Luftwegedrucks und des ösophagalen Drucks während einer Pause am Ende der Inspirationsphase und am Ende der Expirationsphase; die **Abbildung 12** zeigt das Beispiel einer Aufzeichnung bei der keine Pausen eingelegt wurden.

Der Luftwegedruck bei Ende der Expiration wird unmittelbar am Monitor oder am Bedienfeld des Beatmungsgeräts abgelesen als derjenige Druck, der sich am Ende der Expiration entwickelt. Normalerweise entspricht dieser dem eingestellten PEEP, wenn keine automatische PEEP-Einstellung vorhanden ist oder übersteigt den am Beatmungsgerät eingestellten PEEP, im Falle der automatischen PEEP-Einstellung.

Der Luftwegedruck bei Ende der Inspiration wird als Druck abgelesen, der sich während der Pause (P_{aw} des Plateaus, **Abbildung 11**) oder als Druck, der sich bei Ende der Inspiration (P_{aw} des Spitzenwertes, **Abbildung 12**) entwickelt.

Auf die gleiche Weise wird der ösophageale Druck am Monitor oder am Beatmungsgerät als Druck abgelesen, der sich am Ende der Expiration entwickelt, während der Druck am Ende der Inspiration als Druck abgelesen wird, der sich während der Pause (P_{es} des Plateaus, **Abbildung 11**) oder als Druck, der sich am Ende der Inspiration (P_{es} des Spitzenwertes, **Abbildung 12**) entwickelt.

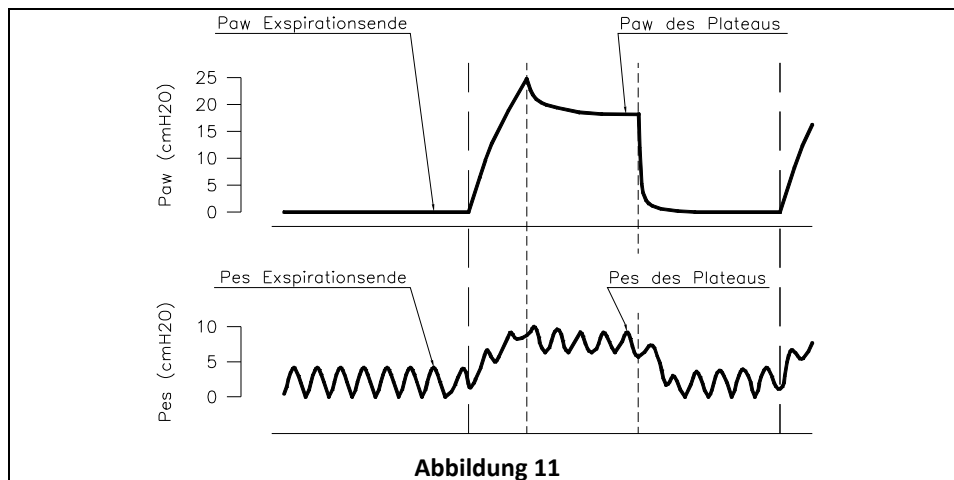


Abbildung 11

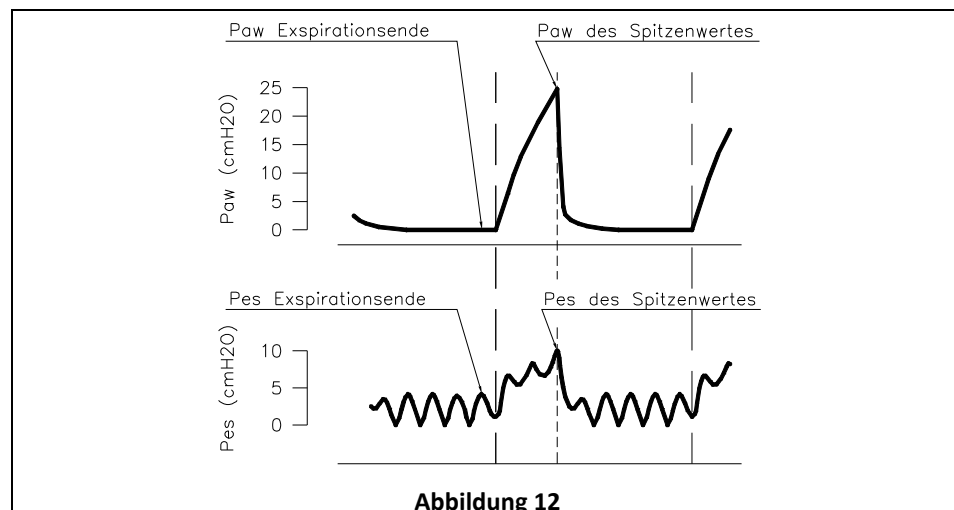


Abbildung 12

Legende: P_{aw} = Luftwegedruck; P_{es} = ösophagealer Druck

Bei bekannten Werten des *Luftwegedrucks* (P_{aw}) und des *ösophagealen Drucks* (P_{es}) wird die Variation des *transpulmonalen Drucks* (ΔP_L) nach folgender Formel berechnet:

$$\Delta P_L = (P_{aw} \text{ bei Inspirationsende} - P_{aw} \text{ bei Expirationsende}) - (P_{es} \text{ bei Inspirationsende} - P_{es} \text{ bei Expirationsende})$$

Um eine präzise Messung des *Luftwegedrucks* und des *ösophagealen Drucks* zu erhalten, muss die Pause bei Inspirationsende und Expirationsende 2-4 Sekunden dauern.

⚠ Im Falle eines Artefakts in der Aufzeichnung des ösophagealen Drucks, zum Beispiel Krämpfe, ist die Messung zu wiederholen.

Messung der Compliance/Elastanz der Luftwege, der Lunge und des Brustkorbs

Um die Messung der Compliance/Elastanz zu erhalten, müssen der *ösophageale Druck*, der *Luftwegedruck* und das *Tidalvolumen* bekannt sein. Bei der Messung des Luftwegedrucks und des ösophagealen Druck ist ebenso zu verfahren, wie bei der Messung des transpulmonalen Drucks (Kapitel "Messung des transpulmonalen Drucks"). Für eine präzise Messung des *Luftwegedrucks* und des *ösophagealen Drucks* muss die Pause am Ende der Inspiration und

der Expiration 2-4 Sekunden betragen. Falls nach der Inspiration und der Expiration keine Pause erfolgt, ist es immer noch möglich, die Berechnung der Compliance/Elastanz vorzunehmen.

⚠ **Im Falle eines Artefakts in der Aufzeichnung des ösophagealen Drucks, zum Beispiel Krämpfe, ist die Messung zu wiederholen.**

Die Compliance/Elastanz des Atmungssystems, der Lunge und des Brustkorbs lässt sich mit den folgenden Formeln berechnen:

Compliance

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atmungssystem (Respiratory System) | $C_{RS} = \frac{\text{Tidalvolumen}}{P_{aw} \text{ Inspirationsende} - P_{aw} \text{ Expirationsende}}$ |
| Lunge (Lung) | $C_L = \frac{\text{Tidalvolumen}}{(P_{aw} \text{ Inspir.ende} - P_{aw} \text{ Expir.ende}) - (P_{es} \text{ Inspir.ende} - P_{es} \text{ Expir.ende})}$ |
| Brustkorb (Chest wall) | $C_{cw} = \frac{\text{Tidalvolumen}}{P_{es} \text{ fine inspirazione} - P_{es} \text{ fine espirazione}}$ |

Elastanz

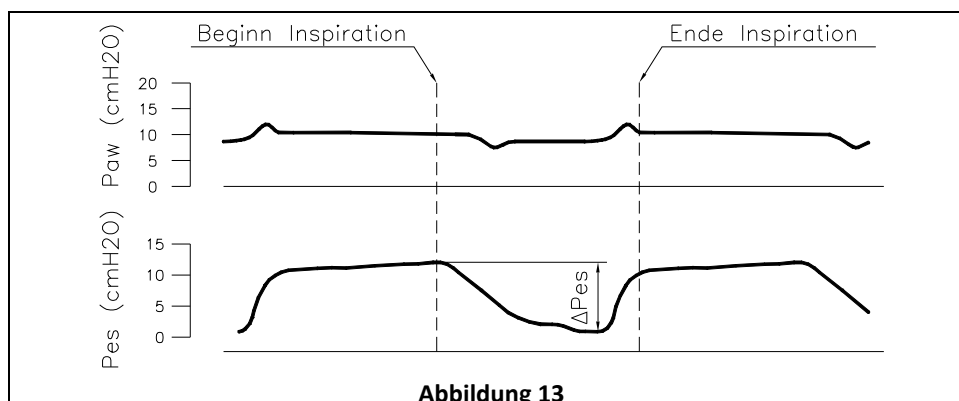
| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atmungssystem (Respiratory System) | $E_{RS} = \frac{P_{aw} \text{ Inspirationsende} - P_{aw} \text{ Expirationsende}}{\text{Tidalvolumen}}$ |
| Lunge (Lung) | $E_L = \frac{(P_{aw} \text{ Inspir.ende} - P_{aw} \text{ Expir.ende}) - (P_{es} \text{ Inspir.ende} - P_{es} \text{ Expir.ende})}{\text{Tidalvolumen}}$ |
| Brustkorb (Chest wall) | $E_{cw} = \frac{P_{es} \text{ Inspirationsende} - P_{es} \text{ Expirationsende}}{\text{Tidalvolumen}}$ |

Legende: P_{aw} = Luftwegedruck; P_{es} = ösophagealer Druck.

Messung des Atemaufwands

Nachdem die NutriVent™ Sonde eingeführt und die Linie des ösophagealen Drucks am Monitor oder am Beatmungsgerät ablesbar ist, erfolgt die Messung der maximalen Variationen des ösophagealen Drucks (ΔP_{es}) vom Beginn der Inspiration bis zu ihrem Maximalausschlag.

Die **Abbildung 13** zeigt den Fall der CPAP-Beatmung, während in **Abbildung 14** der Fall der assistierten Beatmung dargestellt ist.



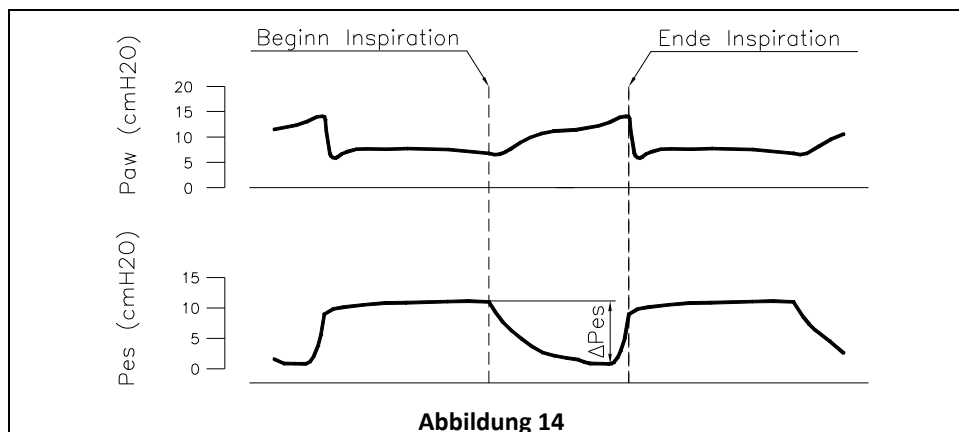


Abbildung 14

⚠ Im Falle eines Artefakts in der Aufzeichnung des ösophagealen Drucks, z.B. Krämpfe, muss die Messung wiederholt werden.

Messung des gastrischen Drucks (Modell mit zwei Ballons)

Nach dem Einführen der NutriVent™ Sonde und dem Anschluss der gastrischen Druckleitung an den Monitor oder das Beatmungsgerät ist wie folgt zu verfahren:

- den Patienten auf den Rücken legen;
- den Wert des *gastrischen Drucks* (P_{ga}) während der Expirationsphase ablesen (Abbildung 15).

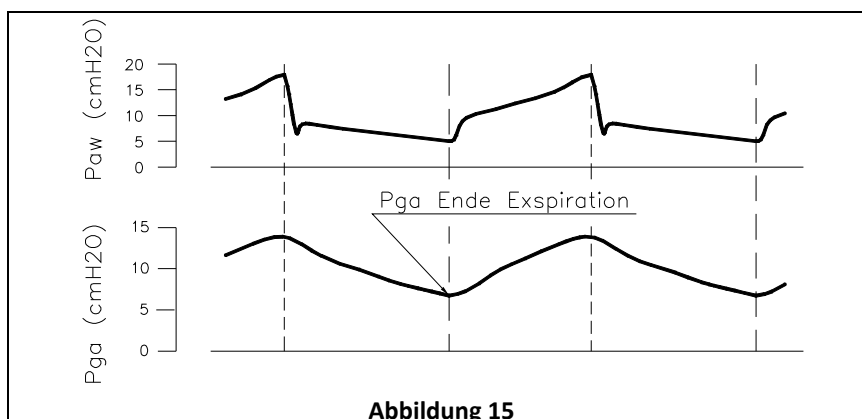


Abbildung 15

REFERENZWERTE

Tabelle 1 - Compliance

| | C_{RS} [mL/cmH ₂ O] | C_L [mL/cmH ₂ O] | C_{CW} [mL/cmH ₂ O] |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Gesunde Menschen in Vollnarkose | 70-80 | 110-130 | 180-210 |
| Patienten mit ALI / ARDS | 30-40 | 40-60 | 70-100 |
| COPD Patienten mit respiratorischer Insuffizienz | 50-90 | 100-170 | 150-260 |

Legende: C_{RS} = Compliance der Luftwege; C_L = Lungencompliance; C_{CW} = Brustkorb Compliance;
COPD = chronisch obstruktive Lungenerkrankung;

Tabelle 2 - Elastanz

| | E_{RS} [cmH ₂ O/L] | E_L [cmH ₂ O/L] | E_{CW} [cmH ₂ O/L] |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Gesunde Menschen in Vollnarkose | 12-14 | 8-9 | 4-5 |
| Patienten mit ALI / ARDS | 25-37 | 17-24 | 8-13 |
| COPD Patienten mit respiratorischer Insuffizienz | 11-19 | 6-10 | 5-9 |

Legende: C_{RS} = Compliance der Luftwege; C_L = Lungencompliance; C_{CW} = Brustkorb Compliance;
COPD = chronisch obstruktive Lungenerkrankung;

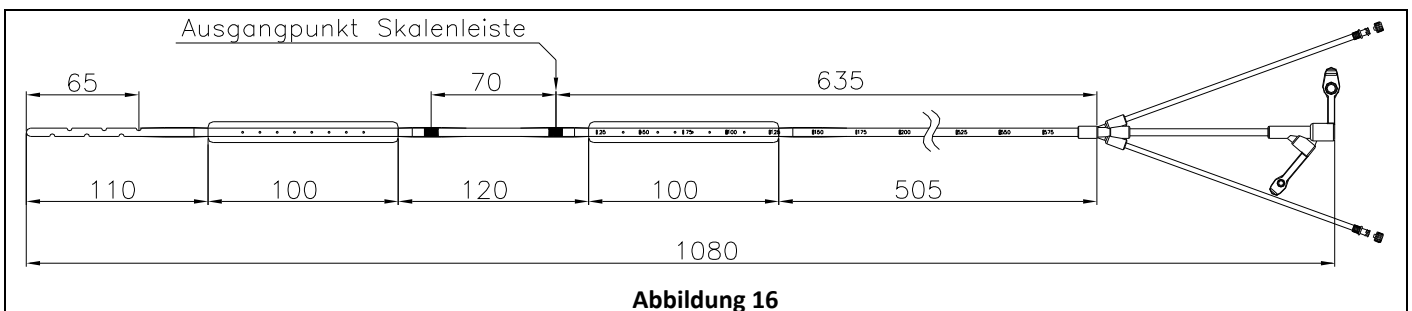
Tabelle 3 - Abdominaldruck (Modell mit zwei Ballons)

| | Abdominaldruck | |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|
| | [mmHg] | [cmH ₂ O] |
| Normalzustand | 4-7 | 5,4-9,5 |
| Abdominale Hypertonie | ≥ 12 | ≥ 16,3 |
| Kompartmentsyndrom | ≥ 20 | ≥ 27,2 |
| | In Verbindung mit dem Auftreten eines erneuten Organversagens | |

BIBLIOGRAPHIE

(1) Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza D, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L. "Stress e strain polmonare durante ventilazione meccanica per sindrome da distress respiratorio acuto" Am J Respir Crit Care Med. 2008 Aug 15; 178(4):346-55.

HAUPTABMESSUNGEN



WICHTIGE HINWEISE

Das Gerät ermöglicht die kontinuierliche Erfassung und Aufzeichnung von Magen- und Speiseröhrendruck, erlaubt jedoch keine automatische Anpassung des Beatmungsgerätes, die vom Arzt manuell durchgeführt werden muss.

WARNUNG

Die Wiederverwendung der Vorrichtung kann zu einer schwerwiegenden Verschlechterung des Gesundheitszustandes infolge möglicher mikrobieller Kontaminationen führen.

ENTSORGUNG

Die gebrauchte Vorrichtung ist als Krankenhausabfall entsprechend der geltenden Vorschriften zu entsorgen.

HERSTELLER



SIDAM s.r.l

Via Statale Sud, 169

41037 San Giacomo Roncole

MIRANDOLA (MO)

LATEX FREE



STERILE EO

PVC FREE

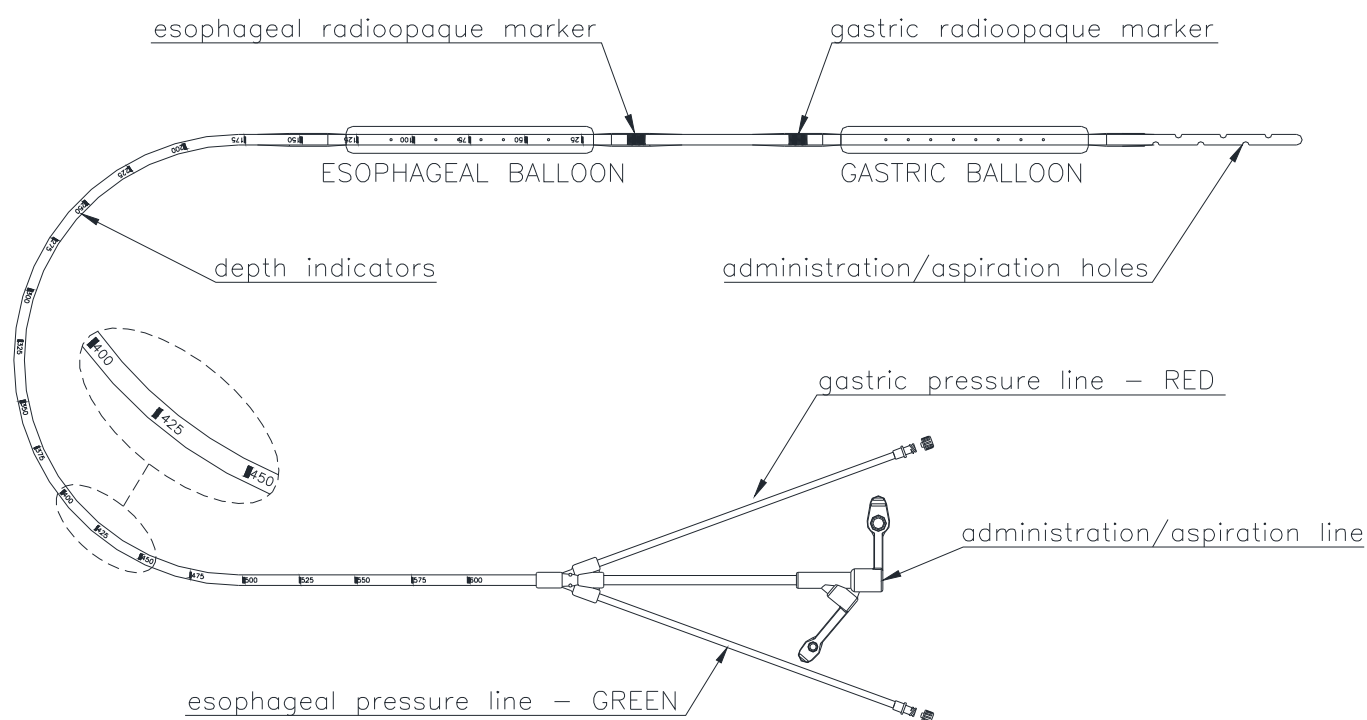


CE 0123

NUTRIVENT™ MULTIFUNCTION NASO-GASTRIC CATHETER

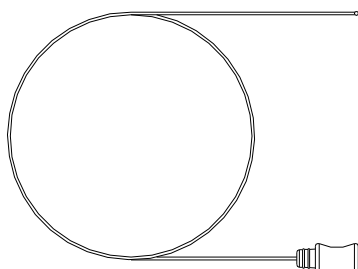
CONTENT OF THE BOX

Nutrivent™ multifunction naso-gastric catheter (see drawing at page 37 for the dimensions)

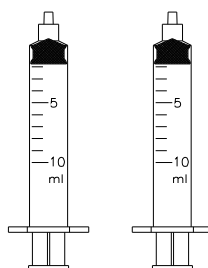


EN

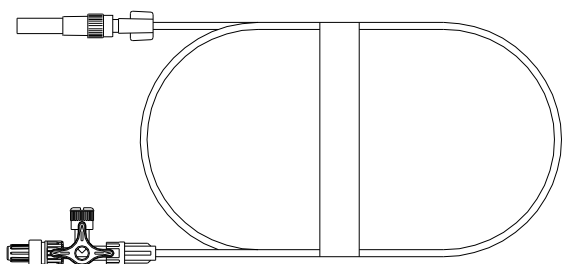
Metallic wire for insertion



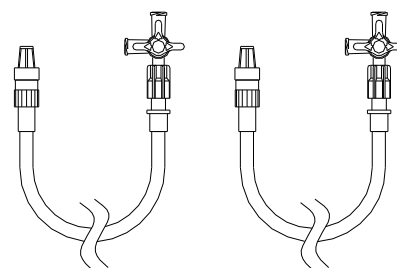
Syringes (2pcs)



REF 09031009 – REF 09031015 Ventilator connecting lines (2pcs)



REF 09031003 – REF 09031006 Monitor connecting lines (2pcs)



The NutriVent™ multifunction naso-gastric catheter is a polyurethane catheter provided with two polyethylene balloons suitable for registering the esophageal and gastric pressure. The NutriVent™ catheter is flexible, nontraumatic and can also be used for long periods (maximum 29 days).

The NutriVent™ catheter can be directly connected to a monitor as well as to a mechanical ventilator (with the suitable connecting line).

INDICATIONS

The NutriVent™ probe is suitable for all the conditions where it is necessary to measure / monitor the esophageal and gastric (two balloons model) pressures in the adult patient. The esophageal and gastric pressure are essential for a correct management of the ventilation of the critical patient.

Furthermore, the NutriVent™ catheter has all the functions of a normal feeding naso-gastric catheter.

ADVANTAGES

- Single catheter
- Continuous measurement and monitoring of the esophageal and gastric pressure
- Does not need other medical device and there is no risk of urinary tract infection

CONTRAINDICATIONS

- Uncontrolled coagulopathy
- Serious plateletpenia
- Nasal traumas
- Esophageal varices

WHY AND WHEN TO MEASURE THE ESOPHAGEAL AND GASTRIC PRESSURE

The measurement of the esophageal pressure is advisable:

- 1) during mechanical ventilation in the patients with acute respiratory failure (example cardiogenic and non cardiogenic lung edema), in order to avoid the damages induced by the ventilator (VILI)
- 2) during non invasive ventilation, to evaluate the respiratory effort of the patient and his capacity of tolerating the non invasive ventilation itself

Esophageal and damage induced by the ventilator

It is well known that 30 cmH₂O of *Aerial tract pressure* (P_{aw}) read on the ventilator represent the threshold for the *damage induced by the ventilator* (VILI). However, the real cause of pulmonary damage is the excessive transpulmonary pressure, greater than 15-20 cmH₂O. The *Transpulmonary pressure* (P_L) is the pressure fraction of the aerial tracts, which is “spent” for stretching the lung, the remaining fraction is the *Pleural pressure* (P_{pl}), which is spent for stretching the chest wall with an equivalent volume. As the direct measurement of the *Pleural pressure* (P_{pl}), is not possible in the clinical practice, the *Esophageal pressure* (P_{es}) will be used. This one has proved to be a good indication.

In formula:

$$\Delta P_{aw} = \Delta P_L + \Delta P_{pl}$$

This equation represents the “fractioning of the respiratory mechanics”.

Then, by measuring the esophageal pressure, you can calculate the transpulmonary pressure (i.e. $\Delta P_L = \Delta P_{aw} - \Delta P_{es}$). It has been proved that the airway pressure is an unsuitable surrogate of the transpulmonary pressure⁽¹⁾: in fact, very low transpulmonary pressures can match to the same airway pressure of 30 cmH₂O. This is due to the variability of the elasticity of the chest wall.

Let's take the following cases into consideration:

Case 1: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ and $\Delta P_L = 7 \text{ cmH}_2\text{O}$

In this situation 23 cmH₂O of pressure are spent for stretching the chest wall and only 7 cmH₂O for stretching the lung. This transpulmonary pressure can be insufficient for a suitable gaseous exchange.

Case 2: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ and $\Delta P_L = 28 \text{ cmH}_2\text{O}$

In this situation, only 2 cmH₂O are spent for stretching the chest wall and 28 cmH₂O for stretching the lung. This transpulmonary pressure is close to the pressure, which is registered at the maximum respiratory capacity of the lung and is surely able to induce irreversible damages in the lung.

Both in the **Case 1** and in the **Case 2** the physician reads an airway pressure of 30 cmH₂O, therefore, it is the esophageal pressure, which allows to discriminate the two conditions and to modify, as a result of this, the mechanical ventilation. In the first case, in fact, exceeding the 30 cmH₂O in the aerial tracts to assure a suitable ventilation, does not involve additional risks, as the transpulmonary pressure would remain within the safety limits, while, in the second case, the tidal volume or the PEEP should be reduced to bring back the transpulmonary pressure within the safety limits (lower than 15-20 cmH₂O).

Esophageal pressure and compliance/elastance

The *Compliance* (C) and its mutual, *Elastance* (E), are measurements of the extensibility of a mechanical structure and are extremely useful in the characterization of a patient with acute respiratory failure.

$$\text{Compliance} = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$\text{Elastance} = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

In the acute respiratory failure, the compliance is strictly related to the lung quantity, which can still be ventilated. In the normal adult, the compliance is about 100 mL/cmH₂O: a compliance of 50 mL/cmH₂O indicates that only 50% of the original lung is still available to the ventilation (the remaining is collapsed or consolidated); a compliance of 20 mL/cmH₂O indicates that only 20% of the original lung is still available for ventilation, and so on. Therefore, the compliance measurement provides an idea of the dimensions of the lung available to ventilation (baby lung). Obviously, if after maneuvers of lung recruitment the dimensions of the lung available to ventilation increases, also the compliance will increase as a result of this.

In an adult patient, with compliance values between 40-50 mL/cmH₂O, the ventilation with current low volumes with PEEP is still within the safety limits, while under 30 mL/cmH₂O we are in an area of actual risk of damage induced by the ventilator.

To better characterize this risk it is better to report to the components of the respiratory system (lung and chest wall) and use the elastance concept.

The elastance of the respiratory system is the pressure necessary for stretching of 1 liter both the lung and the chest wall, the pulmonary elastance is the pressure necessary for stretching only the lung, while the thoracic elastance is the pleural pressure necessary for stretching the chest wall. Then, the elastance of the respiratory system is given by the addition of the lung elastance and of the chest wall.

In a healthy individual and in spontaneous breath, the elastance of the chest wall and of the lung are equivalent. In the same individual, but supine and sedated, the elastance of the chest wall and of the lung are not equivalent anymore (see Table 1), but their ratio becomes, averagedly, of 2 to 1, therefore the pressure necessary for stretching the lung is about the double compared with the one of the chest wall. This datum represents, however, an average

value and, unfortunately, the ratio between the elastance of the lung and of the chest wall is subject to an extreme variability, which can be different both in healthy individuals or patients.

Therefore, the measurement of the compliance / elastance of the lung is essential for a correct clinical management of the patient.

Esophageal pressure and non invasive ventilation

During the non invasive ventilation, the monitoring is limited to the registration of the *Airway pressure* (P_{aw}) and to the respiratory frequency, as it is not an accurate measurement of the *Tidal volume*, which effectively ventilates the patient (for example due to possible losses and/or high compliance of the mask or of the helmet).

The calculation of the esophageal pressure through the measurement of the esophageal pressure enables us to evaluate the effectiveness of non invasive ventilation and the possible risk of respiratory fatigue.

In healthy individuals, during the normal ventilation, the esophageal pressure oscillates between -2 and -5 cmH₂O during inhaling.

Therefore, if the esophageal pressure oscillates between the -2 and -8 cmH₂O and the respiratory frequency is lower than 25 acts per minute, we can affirm that the patient can tolerate the non invasive ventilation suitably. Otherwise, if the esophageal pressure exceeds the -10 cmH₂O, we know that the effort the patient is doing is extremely high and he will not be able to tolerate it for a long time. Therefore, the only registration of the airway pressure is not suitable for a correct clinical management of the patient.

Gastric pressure (two balloons model)

The abdominal pressure, under normal conditions, when the abdominal muscles are normally stretched and the bowels of normal dimensions, is approximately equivalent to the pressure we should have if the abdomen were full of water. Under these conditions, the pressure exerted in any point of the abdomen in the ventrodorsal direction is given from the height of the overtopping water column multiplied by the liquid density, which is equivalent to 1 for water.

If, for example, the abdomen walls become more rigid and/or the volume of bowels increase, the abdominal pressure will increase and all the structures subject to this pressure will modify their status. The diaphragm will move in cranial direction, the pulmonary volumes will be reduced, the splanchnic perfusion will decrease with worsening of the gastrointestinal, hepatic and renal function.

In the clinical practice, the abdominal pressure can be estimated by the measurement of the gastric pressure or of the vesical pressure. The measurement of the gastric pressure allows the measurement of the abdominal pressure by avoiding infection risks, if any, of the urinary tracts; these risks might occur by using the measurement of the vesical pressure and under all those conditions where it is contraindicated or impossible to use the vesical pressure (absence of urinary catheter, major pelvic trauma).

OPERATING INSTRUCTIONS

Insertion of the NutriVent™ multifunction naso-gastric catheter

- 1) Place the patient in supine or in half-sitting position.
- 2) Anaesthetize the nasal cavity and the mouth with 4% spray lidocaine.
- 3) Lubricate the metallic wire abundantly with the lubricating gel and insert it inside the NutriVent™ catheter up to the distal end.
- 4) Lubricate the NutriVent™ catheter abundantly with the lubricating gel all along.
- 5) Insert the NutriVent™ catheter in the rear nasal cavity through the nostril and make it move forward in the esophagus and in the stomach up to reach a depth of 40-42 cm (**Figure 1**).
 - ⚠ **If the patient is conscious, ask him to swallow during the passage of the NutriVent™ catheter in order to make it move forward easier.**
 - ⚠ **During insertion, check that the NutriVent™ catheter does not wrap in the oral cavity.**

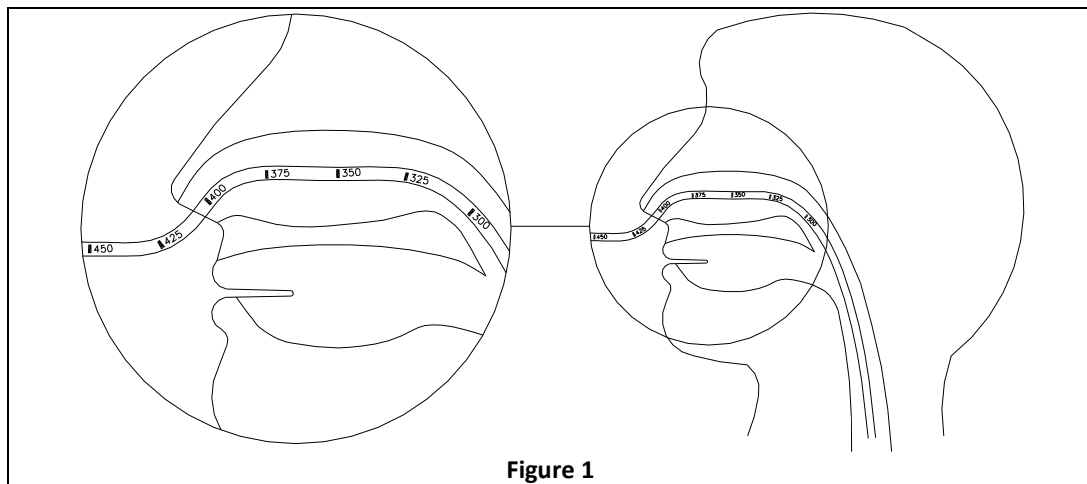


Figure 1

- 6) Unthread the metallic wire softly.
- 7) Fix the NutriVent™ catheter to the nose with the patch.

Connection to the monitor and calibration

- 1) Connect the pressure line you want to read (esophageal or gastric) to a pressure transducer provided with a three-way stopcock with luer-lock (**Figure 2**).

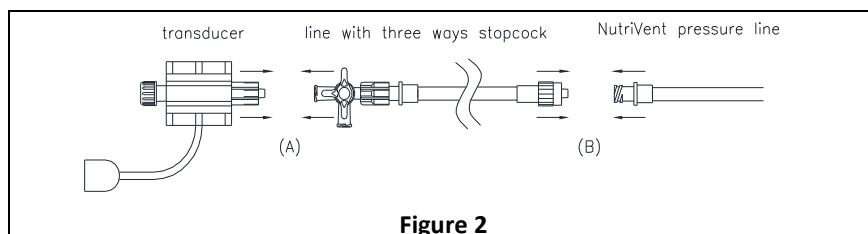


Figure 2

- 2) Connect the pressure transducer to the monitor through the dedicated cable (**Figure 3**).

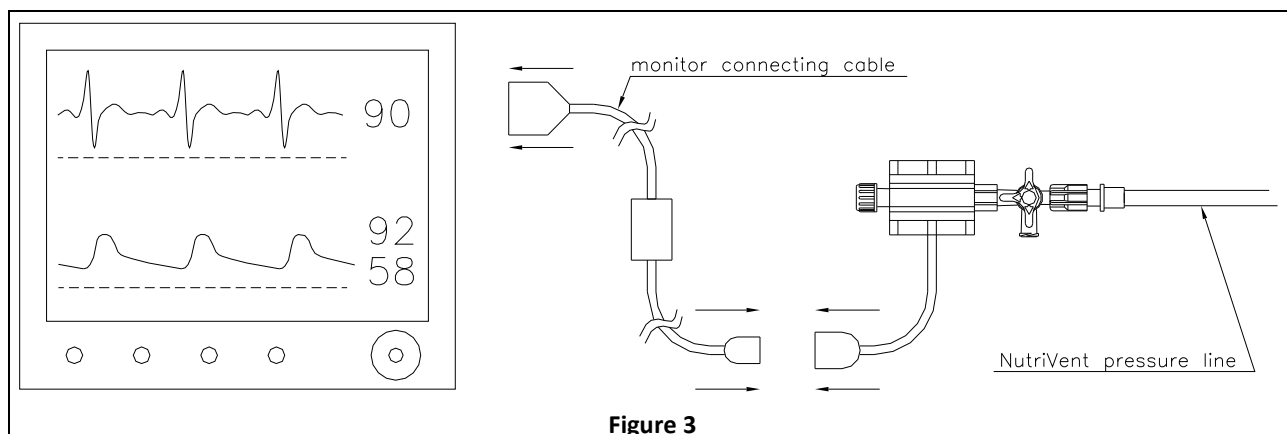


Figure 3

- 3) Put in air the pressure transducer by rotating the three-way stopcock properly and carry out the zero procedure on the monitor (**Figure 4**).

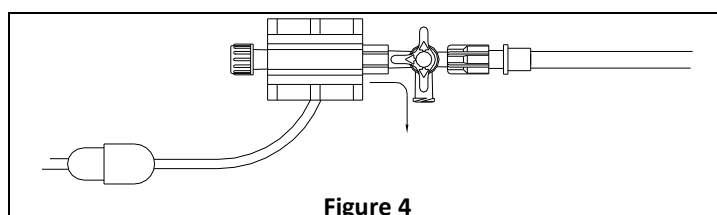
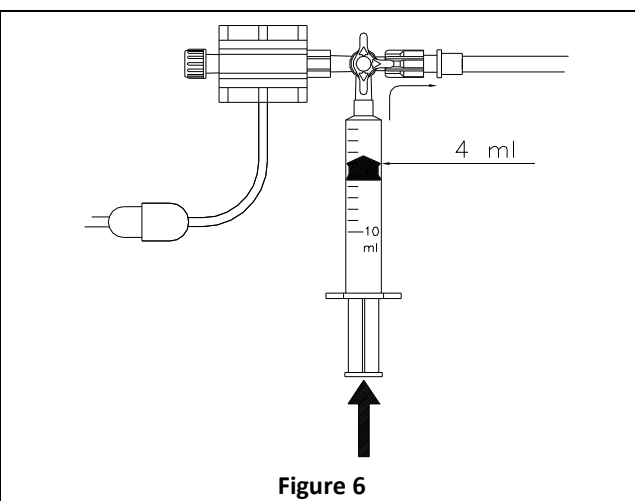
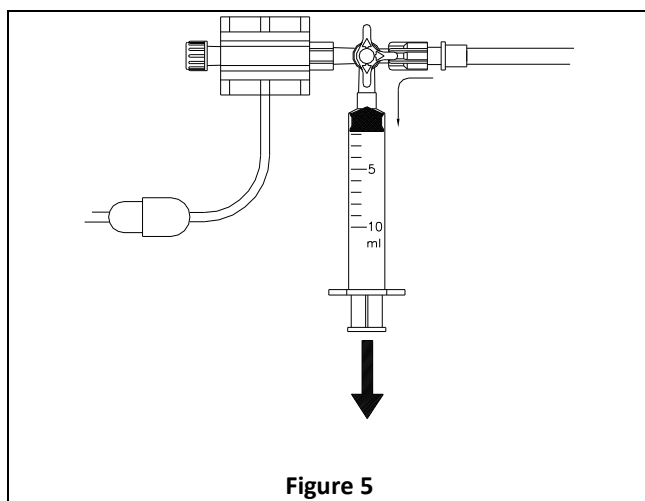


Figure 4

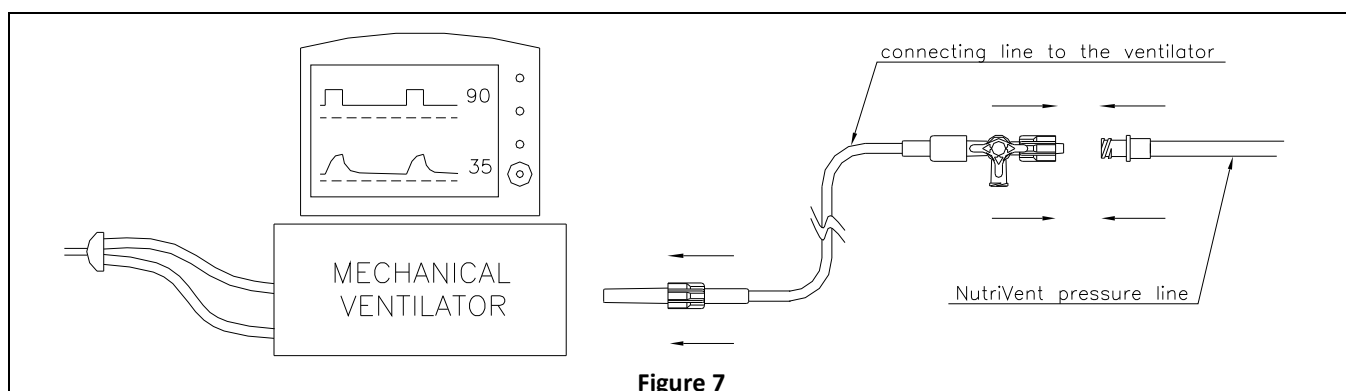
- 4) Through the provided syringe, suck all the air from the balloon (**Figure 5**) and then insufflate an air volume of 4 mL (**Figure 6**); at the end, close the three-way stopcock, by connecting the pressure transducer to the pressure line to measure.

⚠ For an accurate reading, the procedure at item 4) shall be repeated if more than an hour has elapsed from the last measurement.



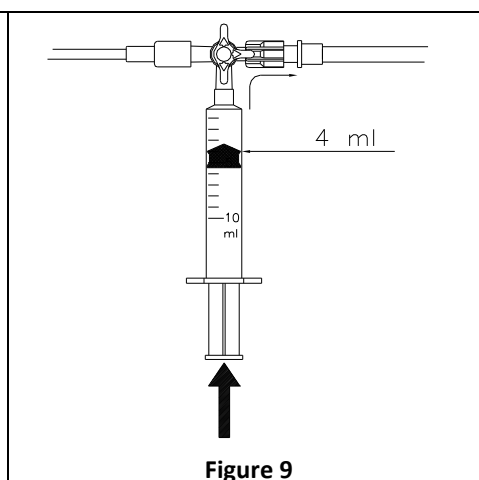
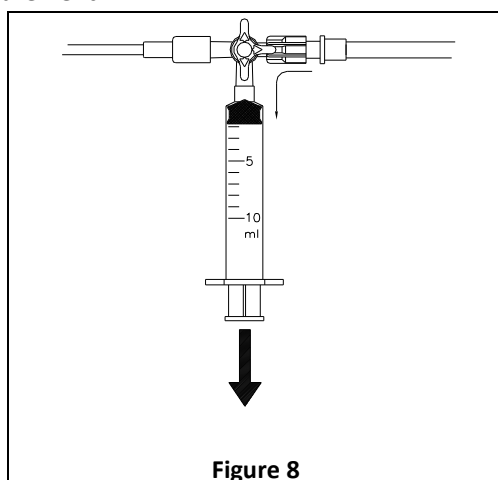
Connection to the ancillary input of the ventilator

- 1) Connect the pressure line you want to read (esophageal or gastric) to the ancillary input of the mechanic ventilator or through the dedicated connection line (**Figure 7**).



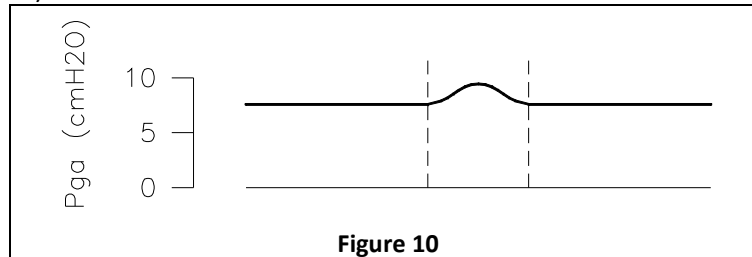
- 2) Through the provided syringe, suck all the air from the balloon (**Figure 8**) and then insufflate an air volume of 4 mL (**Figure 9**); at the end, close the three-way stopcock by connecting the ancillary input of the ventilator with the balloon.

⚠ For an accurate reading, the procedure of the item 2) shall be repeated if more than an hour has elapsed from the last measurement.



Verification of the correct positioning of the gastric balloon (two balloons model)

- 1) Press the abdomen in correspondence with the epigastrium and check that there is a transitory increase of the gastric pressure (**Figure 10**).



Verification of the correct positioning of the esophageal balloon

- 1) In patients without spontaneous respiratory activity, the variations of esophageal and gastric pressure will always be positive in the whole respiratory cycle; on the contrary, in patients with spontaneous respiratory activity, if the diaphragm works properly, at the start of the respiratory act, the variations of gastric pressure will be positive while the esophageal ones will be negative.
 - a. In the intubated patients with spontaneous activity it is useful to carry out an occlusion test of the aerial tracts (respiratory effort with occluded aerial tracts) to verify that the variations of the esophageal pressure change accordingly to the airway pressure during an inhaling effort.
 - b. In patients subject to non invasive ventilation, the esophageal pressure will always be negative at the beginning of the inhaling act.
 - c. The NutriVent™ catheter is provided with 2 radiopaque markers placed at the end of the esophageal balloon and at the beginning of the gastric balloon, easily to be identified with a simple x-ray of the chest wall. The two markers shall be at the end of the esophagus and in the stomach.

MEASUREMENTS

The measurements read on the monitor by using the NutriVent™ catheter are expressed in millimeters of mercury: to express them in water centimeters, it is necessary to multiply the values read with a scale factor equivalent to 1.36.

For example, 12 mmHg are equivalent to $(12 \times 1,36) = 16.3 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Measurement of the transpulmonary pressure

Mechanical ventilation

During the mechanical ventilation, for a correct measurement of the *Transpulmonary pressure* (P_L), it is necessary that the patient is well fitted for the mechanical ventilation, suitably sedated and, possibly, curarized. The ventilation mode does not matter.

After positioning the NutriVent™ catheter, carry out a pause of exhalation end followed by a pause of inhaling end. In this way, the exhaling flow as well the inhaling flow will be absent and the pressures, which will develop inside the respiratory system, will only reflect the elastic properties, those leading to the lung damage, if any. In case it would not be possible to pause (for example, with ventilators not provided with this function), it is, however, possible to use the esophageal pressure values as well as the aerial tracts ones read at the end of the exhalation and at the end of the inhaling.

The **Figure 11** provides an example of the pressure trace of the aerial tracts and of the esophageal pressure during a pause of exhalation end and inhaling end; the **Figure 12** provides a trace example without pauses.

The aerial tracts pressure of exhalation end will be directly read on the monitor or on the panel of the ventilator as the pressure developing at the exhalation end, which is usually equivalent to the PEEP set, if there is not automatic PEEP, or greater than the PEEP set on the ventilator, in case of automatic PEEP.

The aerial tract pressure of inhaling end will be read as the pressure developing during the pause (P_{aw} of plateau, **Figure 11**) or as the pressure developing at the inhaling end (P_{aw} of peak, **Figure 12**).

Similarly, the esophageal pressure will be read on the monitor or on the ventilator as the pressure developing at the exhalation end as the pressure developing at the exhalation end, while the pressure of inhaling end will be read as the pressure developing during the pause (P_{es} of plateau, **Figure 11**) or as the pressure developing at the inhaling end (P_{es} of peak, **Figure 12**).

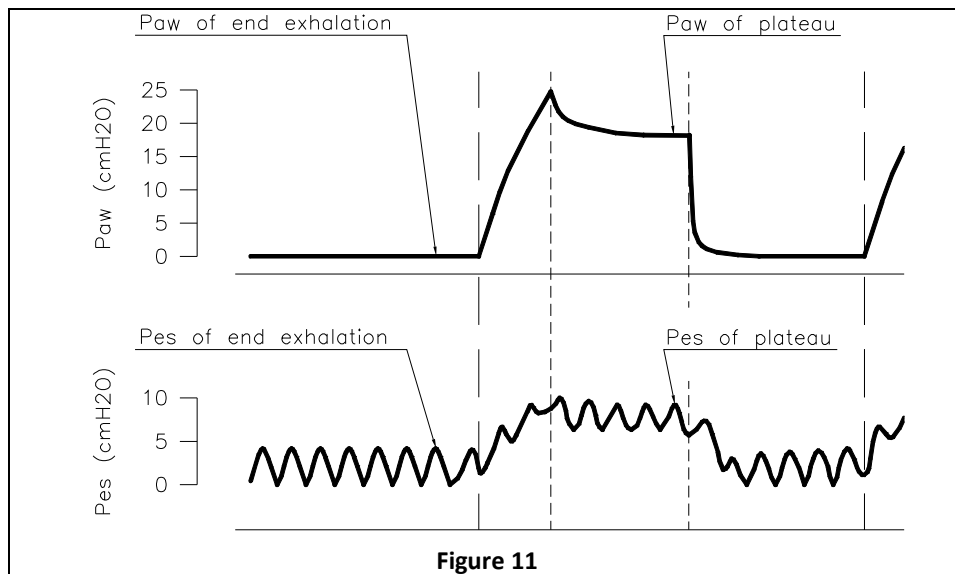


Figure 11

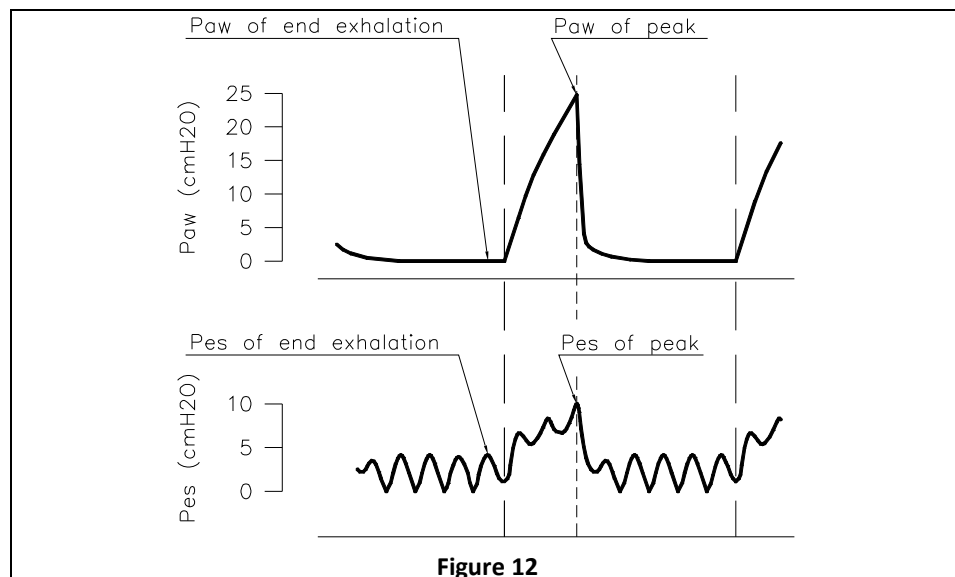


Figure 12

Legend: P_{aw} = Airway pressure; P_{es} = Esophageal pressure

Knowing the *Airway pressure* (P_{aw}) and the *Esophageal pressure* (P_{es}), calculate the variation of *Transpulmonary pressure* (ΔP_L) by the following formula:

$$\Delta P_L = (P_{aw} \text{ of inhaling end} - P_{aw} \text{ of exhalation end}) - (P_{es} \text{ of inhaling end} - P_{es} \text{ of exhalation end})$$

To obtain an accurate measurement of the *Airway pressure* and of the *Esophageal pressure* it is necessary that the pause of inhaling and exhalation end have a duration of 2-4 seconds.

⚠ In case of artefact in the trace of the esophageal pressure, for example spasms, the measurement shall be repeated.

Measurement of the compliance / elastance of the respiratory system, of the lung and of the chest wall

To obtain the measurement of the compliance / elastance, it is necessary to know the *Esophageal pressure*, the *Airway pressure* and the *Tidal volume*. The aerial tracts and esophageal pressure will be measured as in the case of the measurement of the transpulmonary pressure (chapter "Measurement of the transpulmonary pressure"). To obtain an accurate measurement of the *Airway pressure* and of the *Esophageal pressure* it is necessary that the

pause of exhalation and inhaling end has a duration of 2-4 seconds In absence of pause of exhalation and inhaling end, it is always possible the calculation of the compliance / elastance.

⚠ **In case of artefact in the trace of the esophageal pressure, for example spasms, the measurement shall be repeated.**

The compliance / elastance of the respiratory system, of the lung and of the chest wall will be calculated by the following formulas:

Compliance

| | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Respiratory system</i> | $C_{RS} = \frac{\text{Tidal volume}}{P_{aw} \text{ inhaling end} - P_{aw} \text{ exhalation end}}$ |
| <i>Lung</i> | $C_L = \frac{\text{Tidal volume}}{(P_{aw} \text{ inhaling end.} - P_{aw} \text{ exhal. end.}) - (P_{es} \text{ inhal. end} - P_{es} \text{ exhal. end})}$ |
| <i>Chest wall</i> | $C_{CW} = \frac{\text{Tidal volume}}{P_{es} \text{ Inhaling end} - P_{es} \text{ Exhalation end}}$ |

Elastance

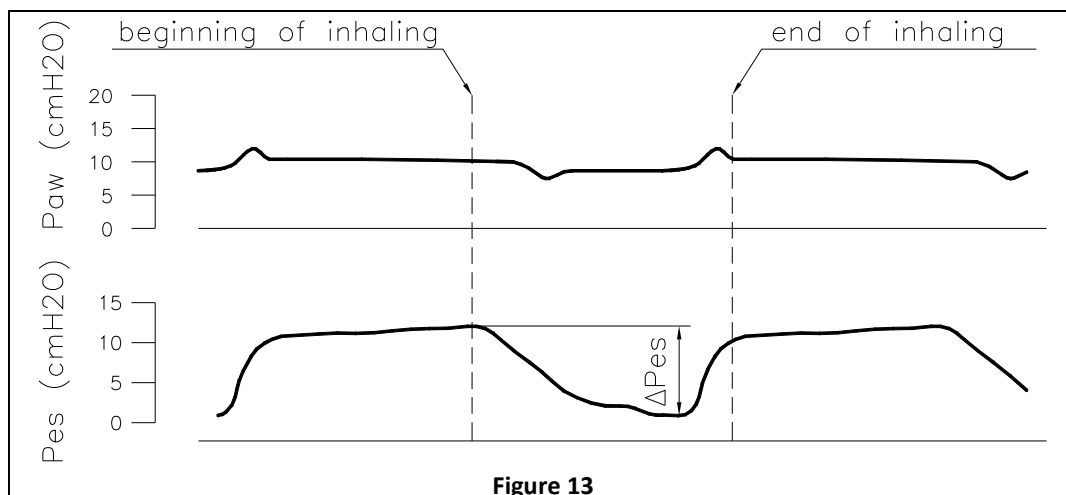
| | |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Respiratory system</i> | $E_{RS} = \frac{P_{aw} \text{ inhaling end} - P_{aw} \text{ exhalation end}}{\text{Tidal volume}}$ |
| <i>Lung</i> | $E_L = \frac{(P_{aw} \text{ inhaling end.} - P_{aw} \text{ exhal. end.}) - (P_{es} \text{ inhal. end} - P_{es} \text{ exhal. end.})}{\text{Tidal volume}}$ |
| <i>Chest wall</i> | $E_{CW} = \frac{P_{es} \text{ inhaling end} - P_{es} \text{ exhalation end}}{\text{Tidal volume}}$ |

Legend: P_{aw} = Airway pressure; P_{es} = Esophageal pressure.

Measurement of the inhaling effort

After placing the NutriVent™ catheter and put in reading the line of the *Esophageal pressure* on the monitor or on the ventilator, the maximum variations of the *Esophageal pressure* (ΔP_{es}) will be measured from the beginning of the inhaling to its maximum excursion.

The **Figure 13** provides the ventilation case in CPAP, while the **Figure 14** provides the case of the assisted ventilation.



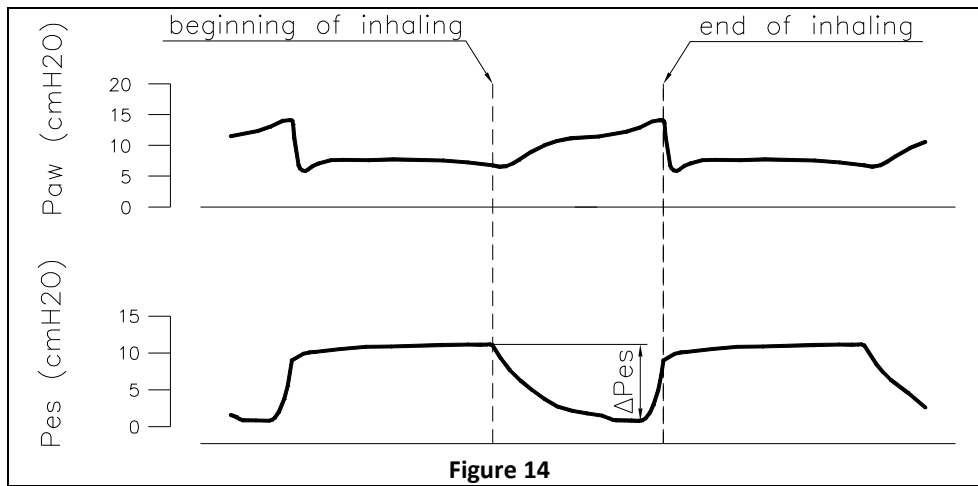


Figure 14

⚠ In case of artefact in the trace of the esophageal pressure, for example spasms, the measurement shall be repeated.

Measurement of the gastric pressure (two balloons model)

After placing the NutriVent™ catheter and connecting the gastric pressure line to the monitor or to the ventilator:

- 1) place the patient in supine position;
- 2) read the value of *Gastric pressure* (P_{ga}) during the exhalation stage (Figure 15).

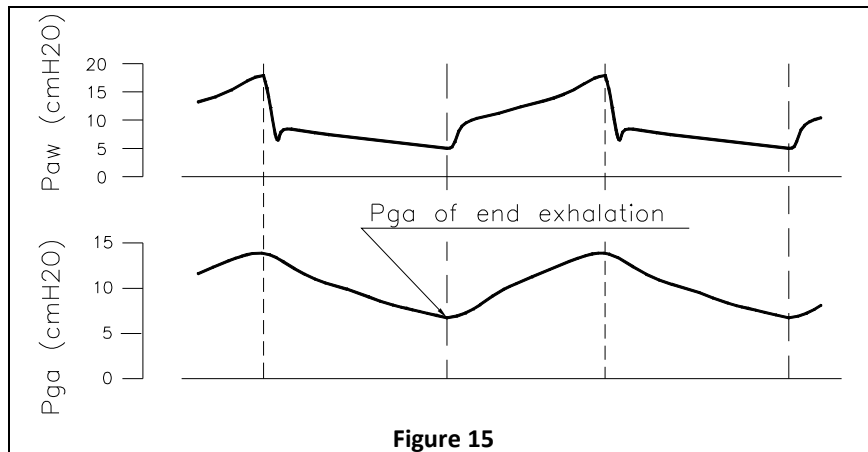


Figure 15

REFERENCE VALUES

Table 1 - Compliance

| | C_{RS} [mL/cmH ₂ O] | C_L [mL/cmH ₂ O] | C_{CW} [mL/cmH ₂ O] |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Healthy individuals in general anaesthesia | 70-80 | 110-130 | 180-210 |
| Individuals with ALI/ARDS | 30-40 | 40-60 | 70-100 |
| COPD individuals with respiratory failure | 50-90 | 100-170 | 150-260 |

Legend: C_{RS} = Respiratory system compliance; C_L = Pulmonary compliance; C_{CW} = Thoracic compliance;
COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease;

Table 2 - Elastance

| | E_{RS} [cmH ₂ O/L] | E_L [cmH ₂ O/L] | E_{CW} [cmH ₂ O/L] |
|--------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Healthy individuals in general anaesthesia | 12-14 | 8-9 | 4-5 |
| Individuals with ALI/ARDS | 25-37 | 17-24 | 8-13 |
| COPD individuals with respiratory failure | 11-19 | 6-10 | 5-9 |

Legend: E_{RS} = Respiratory system elastance; E_L = Pulmonary elastance; E_{CW} = Thoracic elastance;
COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease;

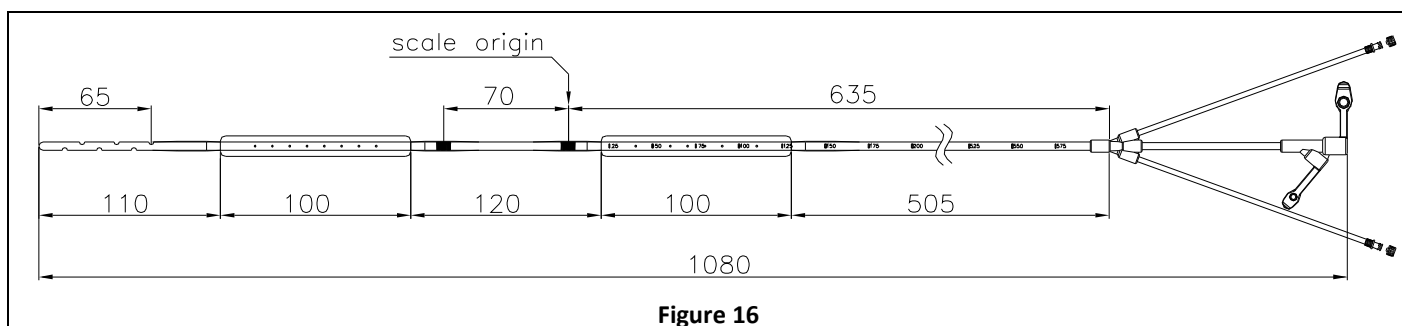
Table 3 – Abdominal pressure (two balloons model)

| | Abdominal pressure | |
|------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
| | [mmHg] | [cmH ₂ O] |
| Normality | 4-7 | 5,4-9,5 |
| Abdominal hypertension | ≥ 12 | ≥ 16,3 |
| Compartmental syndrome | ≥ 20 | ≥ 27,2 |
| | Associated to the appearance of a new organ failure | |

BIBLIOGRAPHY

- (1) Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza D, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L. "Lung Stress and Strain in Acute Respiratory Distress Syndrome" *Am J Respir Crit Care Med*. 2008 Aug 15; 178(4):346-55.

MAIN DIMENSIONS



IMPORTANT INDICATIONS

The device allows to detect and register, in continuous, the values of the *Gastric pressure* and of the *Esophageal pressure*, but does not allow the automatic adaptation of the ventilator, operation to be strictly carried out, manually, by the physician.

WARNINGS

The reuse of the device may also result in serious worsening of the health status because of possible microbial contaminations.

DISPOSAL

The used device must be disposed of as hospital waste according to the regulations in force.

MANUFACTURER

**SIDAM s.r.l**

Via Statale Sud, 169
41037 San Giacomo Roncole
MIRANDOLA (MO)

LATEX FREE



| | |
|---------|----|
| STERILE | EO |
|---------|----|

PVC FREE

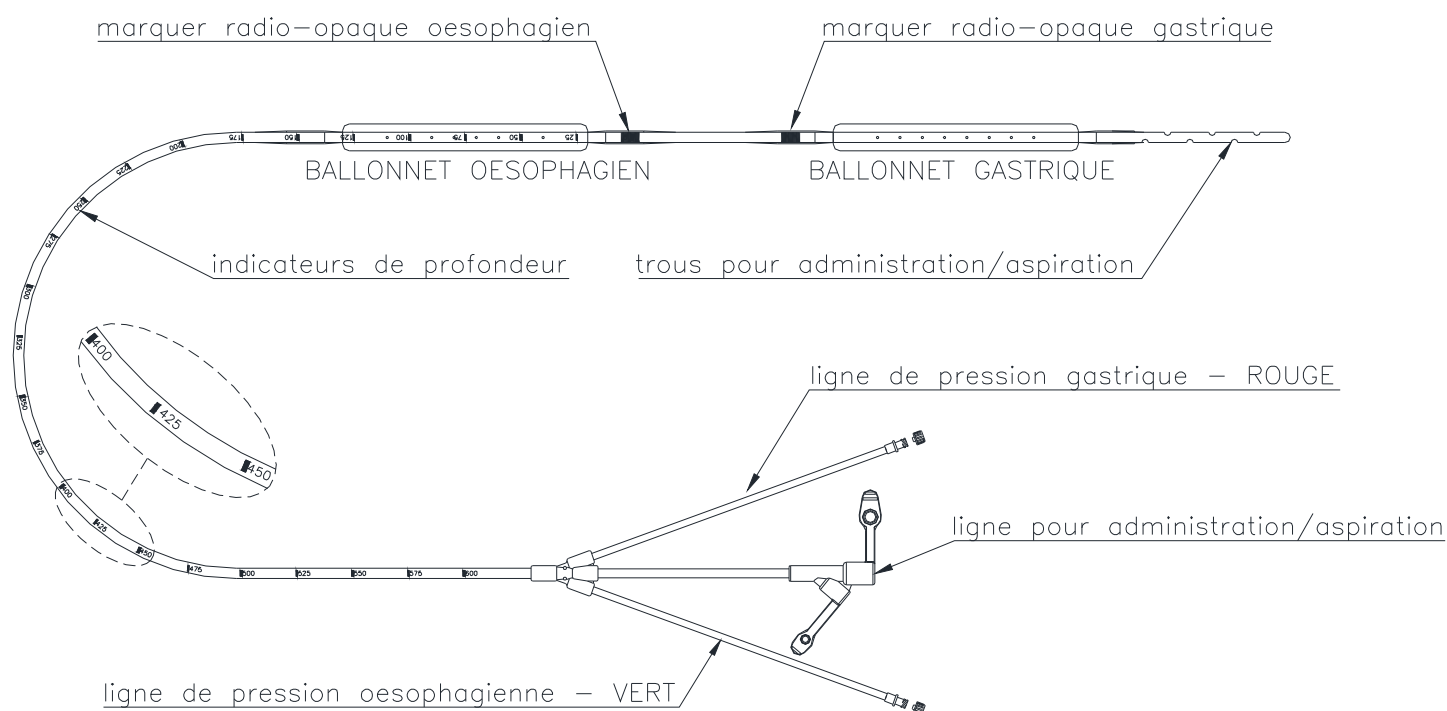


CE₀₁₂₃

SONDE NASO-GASTRIQUE POLYVALENTE NUTRIVENT™

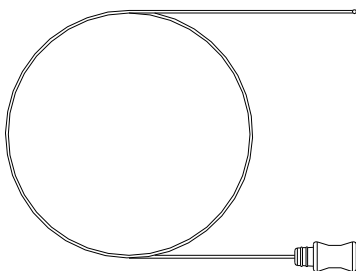
CONTENU DE L'EMBALLAGE

Sonde naso-gastrique polyvalente NutriVent (voir le dessin à page 49 pour les dimensions)

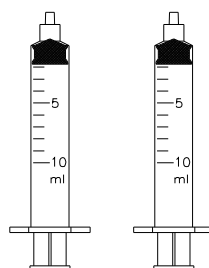


FR

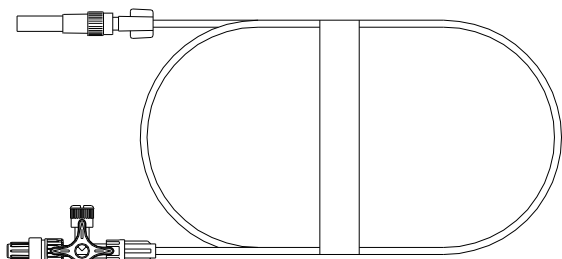
Guide métallique pour l'introduction



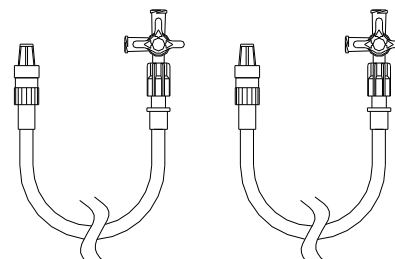
Seringues



REF 09031009 – REF 09031015
Lignes de connexion à ventilateur (2x)



REF 09031003 – REF 09031006
Lignes avec robinet à trois voies



La sonde naso-gastrique polyvalente NutriVent™ est une sonde de polyuréthane équipée de deux ballonnets en polyéthylène pour enregistrer la pression œsophagienne et gastrique. La sonde NutriVent™ est flexible, non traumatique et peut être utilisée aussi pour de longues périodes (maximum 29 jours).

La sonde NutriVent™ peut être connectée directement à un moniteur ainsi qu'à un ventilateur mécanique (à l'aide d'une ligne spécifique).

INDICATIONS

La sonde NutriVent™ est indiquée dans toutes les conditions où il faut mesurer/contrôler la pression œsophagienne et gastrique chez le patient adulte. La pression œsophagienne et gastrique sont essentielles pour une gestion correcte de la ventilation du malade critique.

En plus, la sonde NutriVent™ possède toutes les fonctions d'une normale sonde naso-gastrique.

AVANTAGES

- Cathéter simple
- Mesure et monitoring continu de la pression œsophagienne et gastrique
- Non nécessité d'autres remèdes et abolition du risque d'infection des voies urinaires

CONTRE-INDICATIONS

- Coagulopathie non contrôlée
- Grave thrombocytopénie
- Traumatismes nasaux
- Varices œsophagiennes

POURQUOI ET QUAND MESURER LES PRESSIONS ŒSOPHAGIENNE ET GASTRIQUE

La mesure de la pression œsophagienne est indiquée:

- 1) pendant la ventilation mécanique chez les patients avec insuffisance respiratoire aiguë (par exemple, œdème pulmonaire cardiogénique et non cardiogénique) pour éviter les lésions induites par la ventilation (VILI)
- 2) pendant la ventilation non invasive, pour évaluer l'effort respiratoire du patient et sa capacité de tolérer la ventilation non invasive elle-même.

Pression œsophagienne et lésion induite par le ventilateur

C'est un fait bien connu que 30 cm H₂O de *Pression des voies aériennes* (P_{aw}) lus au ventilateur représentent le seuil pour la *lésion induite par le ventilateur* (VILI). Cependant, la cause véritable de lésion pulmonaire est l'excès de pression transpulmonaire, supérieure à 15-20 cm H₂O. La *Pression transpulmonaire* (P_L) est cette fraction de pression des voies aériennes "dépensée" pour détendre le poumon, tandis que la fraction restante est la *Pression pleurale* (P_{pl}), qui est dépensée pour détendre la cage thoracique d'un volume équivalent. N'étant pas possible la mesure directe de la *Pression pleurale* (P_{pl}), dans la pratique clinique, est employée la *Pression œsophagienne* (P_{es}), qui 'est révélée un bon indice.

En formule:

$$\Delta P_{aw} = \Delta P_L + \Delta P_{pl}$$

Cette équation représente le "partitionnement de la mécanique respiratoire".

Par conséquent, en mesurant la pression œsophagienne, nous pouvons calculer la pression transpulmonaire (en effet $\Delta P_L = \Delta P_{aw} - \Delta P_{es}$).

Il a été démontré que la pression des voies aériennes est un surfactant inapproprié de la pression transpulmonaire⁽¹⁾: en effet, à la même pression des voies aériennes de 30 cmH₂O peuvent correspondre des pressions transpulmonaires très basses; ceci est dû à la variabilité de la cage thoracique.

Prenez en considération les cas suivants:

Cas 1: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ et $\Delta P_L = 7 \text{ cmH}_2\text{O}$

Dans cette situation 23 cmH₂O de pression sont dépensés pour détendre le thorax et seulement 7 cmH₂O pour détendre le poumon. Cette pression transpulmonaire peut être insuffisante pour un échange gazeux approprié.

Cas 2: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ et $\Delta P_L = 28 \text{ cmH}_2\text{O}$

Dans cette situation seulement 2 cmH₂O sont dépensés pour détendre le thorax et 28 cmH₂O pour détendre le poumon. Cette pression transpulmonaire est proche de la pression, qui est enregistrée à la capacité respiratoire maximale du poumon et peut certainement induire des lésions irréversibles dans le poumon.

Dans le **Cas 1** ainsi que dans le **Cas 2**, le médecin lit une pression des voies aériennes de 30 cmH₂O ; c'est, donc, la mesure de la pression œsophagienne qui permet de discriminer les deux conditions et de modifier, par conséquent, la ventilation mécanique. Dans le premier cas, en effet, le dépassement des 30 cmH₂O dans les voies aériennes pour assurer une bonne ventilation, ne comporte aucun risque supplémentaire, car, la pression transpulmonaire resterait dans les limites de sûreté, tandis-que, dans le deuxième cas, le volume courant ou la PEEP devraient être réduits afin de ramener la pression transpulmonaire dans les limites de sûreté (inférieures à 15-20 cmH₂O).

Pression œsophagienne et compliance/élastance

La *Compliance* (C) et son réciproque, l'*Élastance* (E), sont des mesures de la distensibilité d'une structure mécanique et elles sont d'extrême utilité dans la caractérisation d'un malade avec insuffisance respiratoire aiguë.

$$Compliance = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$Élastance = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

Dans l'insuffisance respiratoire aiguë, la compliance est étroitement en corrélation avec la quantité de poumon encore ventilable. Chez l'adulte normal, la compliance est d'environ 100 ml/cmH₂O: une compliance de 50 ml/cmH₂O indique que seulement 50% du poumon original est encore disponible à la ventilation (le restant est collapsé ou consolidé); une compliance de 20 ml/cmH₂O indique que seulement 20% du poumon est encore disponible à la ventilation, et ainsi de suite. Par conséquent, la mesure de la compliance fournit une idée des dimensions du poumon disponible à la ventilation (poumon de bébé). Évidemment, si après des manœuvres de recrutement pulmonaire, augmentent les dimensions du poumon disponible à la ventilation, la compliance aussi augmentera, par conséquent.

Chez un patient adulte, à des valeurs de compliance entre 40-50 mL/cmH₂O, la ventilation à de bas volumes courants avec PEEP, est encore, vraisemblablement, dans les limites de sûreté, tandis-que au-dessous de 30 ml/cmH₂O, nous sommes dans une zone de risque de dommage induit par le ventilateur.

Pour mieux caractériser ce risque, il vaut mieux se référer aux composants du système respiratoire (poumon et cage thoracique) et utiliser le concept d'élastance.

L'élastance du système respiratoire est la pression nécessaire à détendre d'1 litre le poumon ainsi que le thorax, l'élastance pulmonaire est la pression nécessaire à détendre le seul poumon, tandis-que l'élastance thoracique est la pression pleurale nécessaire à détendre la seule cage thoracique. Donc, l'élastance du système respiratoire est donnée par la somme de l'élastance du poumon et de la cage thoracique.

Chez un patient sain et en respiration spontanée, l'élastance du thorax et du poumon sont pareilles. Chez le même patient, mais en position couchée et sous sédation, l'élastance du thorax et du poumon ne sont plus pareilles (voir

Tableau 1), mais leur rapport devient, en moyenne, de 2 à 1 ainsi que la pression nécessaire pour détendre le poumon est environ le double par rapport à celle pour le thorax. Cette donnée représente, cependant, une valeur moyenne et, malheureusement, le rapport entre l'élastance du poumon et du thorax est sujet à une extrême variabilité, qui peut changer chez les sujets sains ainsi que chez les malades.

Donc, la mesure de la compliance/élastance du poumon est fondamentale pour une correcte gestion clinique du malade.

Pression œsophagienne et ventilation non invasive

Pendant la ventilation non invasive, le monitoring est limité à l'enregistrement de la *Pression des voies aériennes* (P_{aw}) et à la fréquence respiratoire, n'étant pas une mesure précise du *Volume Courant* qui ventile effectivement le patient (par exemple dû à de possibles pertes et/ou compliance élevée du masque ou du casque).

Le calcul de la pression œsophagienne par la mesure de la pression œsophagienne nous permet d'évaluer l'efficacité de la ventilation non invasive et les possibles risques de la fatigue respiratoire.

Chez les sujets sains, pendant la ventilation normale, la pression œsophagienne oscille entre -2 et -5 cmH₂O lors de l'inspiration.

Donc, si, par exemple, la pression œsophagienne oscille entre les -2 et les -8 cmH₂O et la fréquence respiratoire est inférieure aux 25 actes par minute, nous pouvons affirmer que le patient peut tolérer, de manière adéquate, la ventilation non invasive. Au contraire, si la pression œsophagienne dépasse les -10 cmH₂O, nous savons que l'effort que le patient est en train de faire, est extrêmement élevé et il ne pourra pas le tolérer longtemps. Par conséquent, le seul enregistrement de la pression des voies aériennes n'est pas approprié pour une correcte gestion clinique du malade.

Pression gastrique (modèle à deux ballonets)

La pression abdominale en conditions normales, quand les muscles abdominaux sont détendus normalement et les viscères de dimensions normales, est, en première approximation, pareille à la pression, qu'on aurait, si l'abdomen était plein d'eau. Dans ces conditions, la pression exercée dans n'importe quel point de l'abdomen en direction ventro-dorsale, est donnée par l'hauteur de la colonne d'eau au-dessus multipliée par la densité du liquide, qui est égal à 1 pour l'eau.

Si, par exemple, les parois de l'abdomen deviennent plus rigides et/ou le volume des viscères augmente, la pression abdominale augmentera et toutes les structures soumises à cette pression modifieront leur état. Le diaphragme se déplacera en sens crânien, les volumes pulmonaires seront réduits, la perfusion splanchnique diminuera avec aggravation de la fonction gastro-intestinale, hépatique et rénale.

Dans la pratique clinique, la pression abdominale peut être évaluée par la mesure de la pression gastrique ou de la pression vésicale. La pression gastrique permet de mesurer la pression abdominale, en évitant des risques possibles d'infection des voies urinaires, qui peuvent se vérifier, en employant la mesure de la pression vésicale et dans toutes ces conditions où il est contre-indiqué ou pas possible d'employer la pression vésicale (absence de cathéter urinaire, traumatisme pelvien majeur).

MODE D'EMPLOI

Introduction de la sonde naso-gastrique polyvalente NutriVent™

- 1) Mettre le patient en position couchée ou semi assise.
- 2) Anesthésier la cavité nasale et la bouche avec lidocaïne 4% spray.
- 3) Lubrifier abondamment le guide métallique avec le gel lubrifiant et l'introduire à l'intérieur de la sonde NutriVent™ jusqu'à l'extrémité distale.
- 4) Lubrifier abondamment la sonde NutriVent™ avec le gel lubrifiant sur toute sa longueur.
- 5) Introduire la sonde NutriVent™ dans la fosse nasale postérieure à travers la narine et la faire avancer dans l'œsophage et dans l'estomac jusqu'à rejoindre une profondeur de 40-42 cm (**Figure 1**).

⚠ **Si le patient est conscient, lui demander de déglutir pendant le passage de la sonde NutriVent™ pour en faciliter l'avancement.**

⚠ **Pendant l'introduction, vérifier que la sonde NutriVent™ ne s'enroule pas dans la cavité orale.**

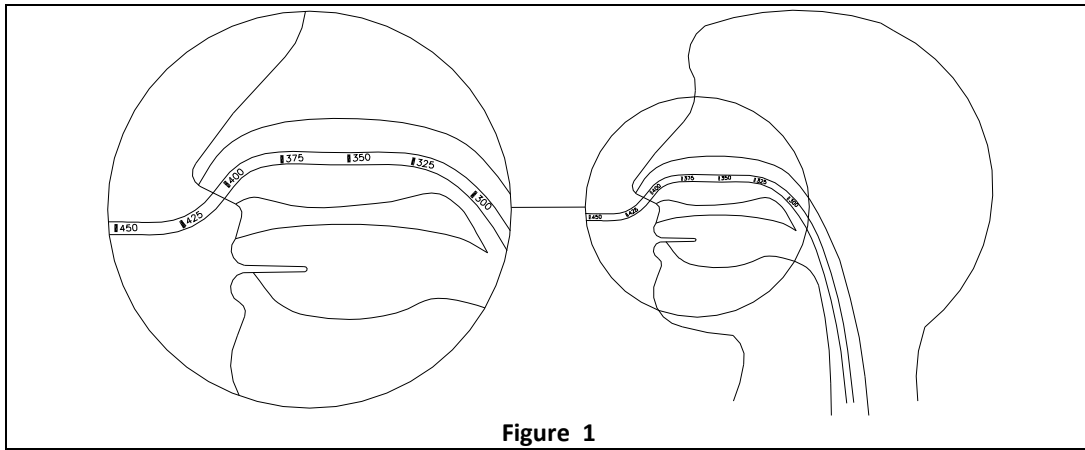


Figure 1

- 6) Enlever délicatement le guide métallique.
- 7) Fixer au nez avec du sparadrap la sonde NutriVent™.

Connexion au moniteur et calibrage

- 1) Connecter la ligne de pression qu'on veut lire (œsophagienne ou gastrique) à une des deux lignes avec robinet à trois voies (Figure 2 (B)) et connecter le robinet à trois voies à un transducteur de pression équipé de luer-lock (Figure 2 (A)).

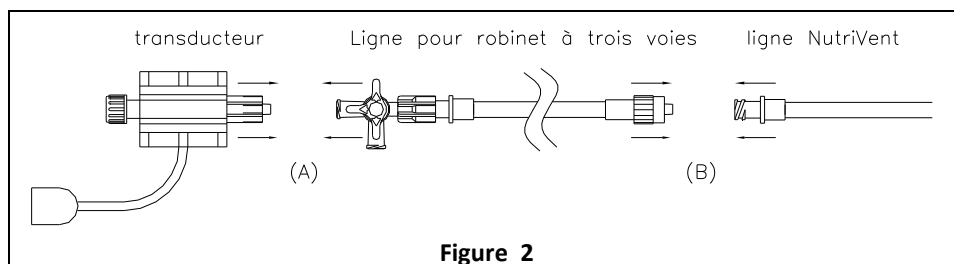


Figure 2

- 2) Connecter le transducteur de pression au moniteur avec son câble spécifique (Figure 3).

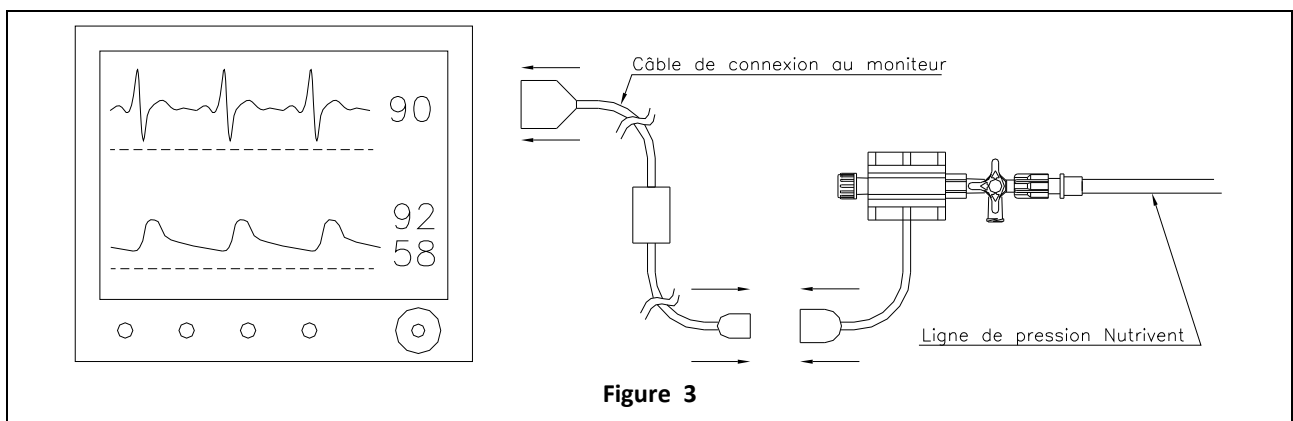


Figure 3

- 3) Mettre en air le transducteur de pression en tournant opportunément le robinet à trois voies et effectuer la procédure de zéro sur le moniteur (Figure 4).

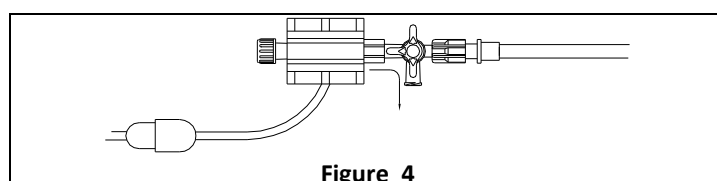
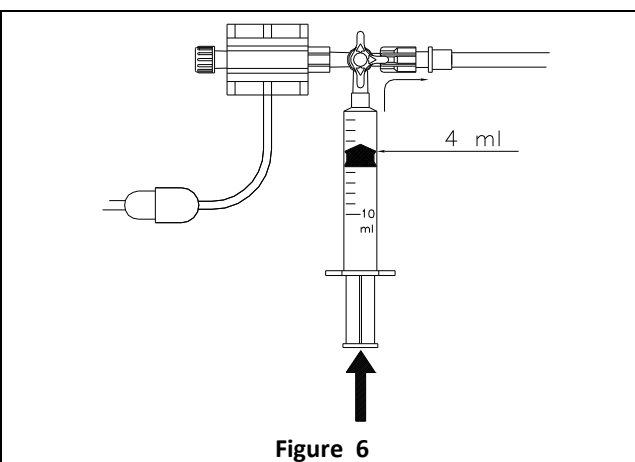
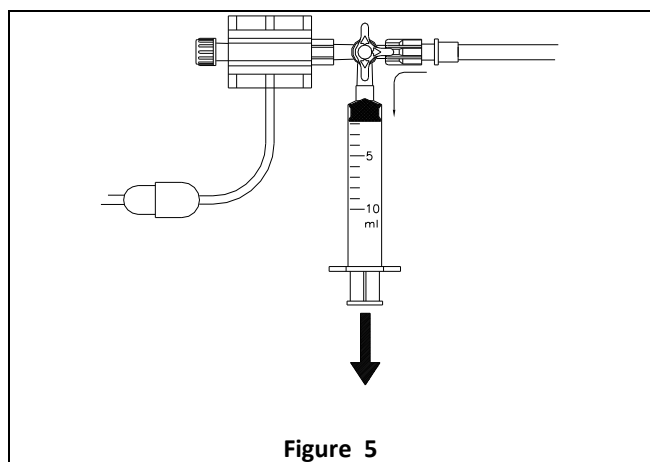


Figure 4

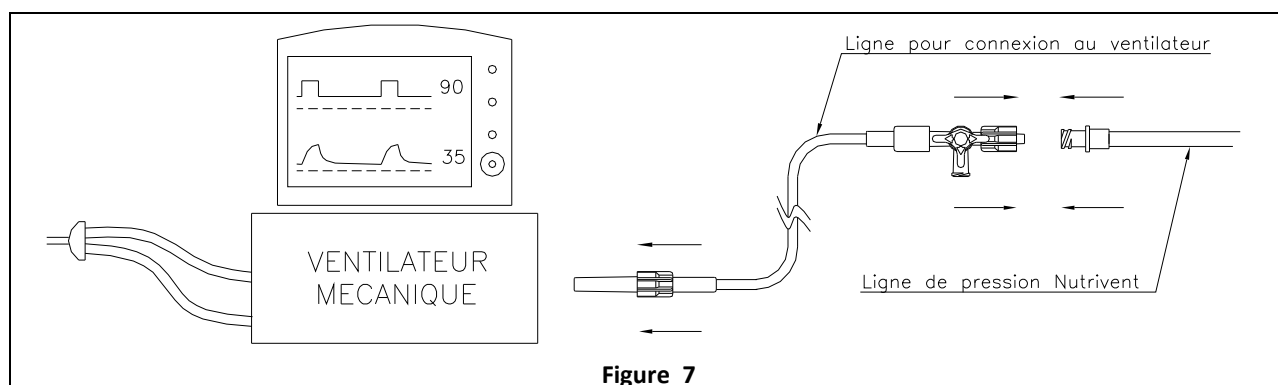
- 4) Avec la seringue fournie, aspirer toute l'air du ballonnet (**Figure 5**) et, ensuite, insuffler un volume d'air de 4 ml (**Figure 6**); à la fin, fermer le robinet à 3 voies, en connectant le transducteur de pression avec la ligne de pression à mesurer.

⚠ Pour une lecture précise, il faudra répéter la procédure au point 4), si plus d'une heure est passée depuis la dernière mesure.



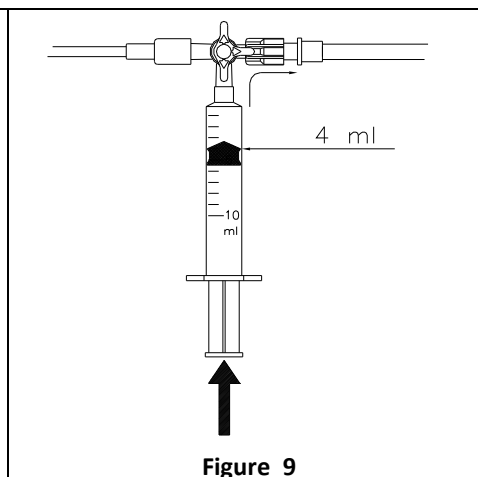
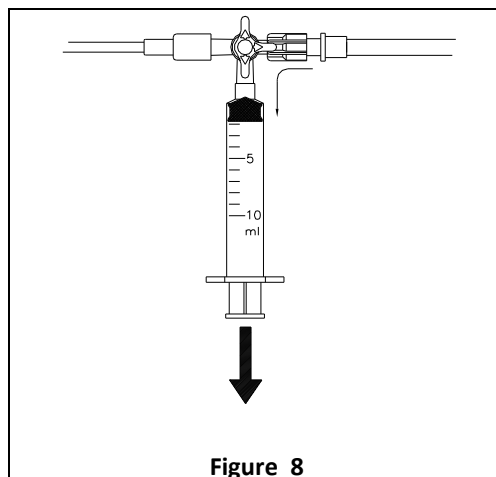
Connexion à la porte auxiliaire du ventilateur

- 1) Connecter la ligne de pression qu'on veut lire (œsophagienne ou gastrique) à la porte auxiliaire du ventilateur mécanique à l'aide de la ligne de connexion spécifique (**Figure 7**).



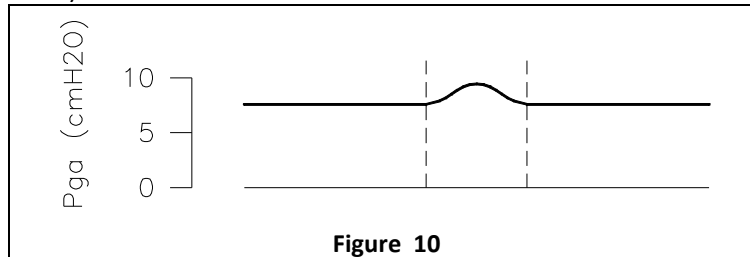
- 2) Avec la seringue fournie, aspirer toute l'air du ballonnet (**Figure 8**) et, ensuite, insuffler un volume d'air de 4 ml (**Figure 9**); à la fin, fermer le robinet à 3 voies, en connectant la porte auxiliaire du ventilateur au ballonnet.

⚠ Pour une lecture précise, il faudra répéter la procédure au point 2), si plus d'une heure est passée depuis la dernière mesure.



Vérification du positionnement correct du ballonnet gastrique (modèle à deux ballonnets)

- 1) Appuyer sur l'abdomen en correspondance de l'épigastre et vérifier qu'il y ait une augmentation transitoire de la pression gastrique (**Figure 10**).



Vérification du positionnement correct du ballonnet œsophagien

- 1) Chez les sujets sans activité respiratoire spontanée, les variations de pression œsophagienne et gastrique seront toujours positives dans tout le cycle respiratoire; au contraire, chez les sujets avec activité respiratoire spontanée, si le diaphragme fonctionne correctement, au début de l'acte inspiratoire, les variations de pression gastrique seront positives tandis-que celles œsophagiennes seront négatives.
 - a. Chez les sujets intubés avec activité respiratoire spontanée, il est utile d'effectuer un test d'occlusion des voies aériennes (effort inspiratoire à voies aériennes occluses) pour vérifier que les variations de la pression œsophagienne changent conformément à la pression des voies aériennes pendant un effort inspiratoire.
 - b. Chez les sujets soumis à ventilation non invasive, la pression œsophagienne résultera toujours négative au début de l'acte inspiratoire.
 - c. La sonde NutriVent™ possède 2 marqueurs radio-opaques, placés à l'extrémité du ballonnet œsophagien et au commencement du ballonnet gastrique, qui peuvent être facilement mis en évidence à l'aide d'une simple radiographie du thorax. Les deux marqueurs doivent se trouver à l'extrémité de l'œsophage et dans l'estomac.

MESURES

Les mesures lues au moniteur, en utilisant la sonde NutriVent™, sont exprimées en millimètres de mercure: pour les exprimer en centimètres d'eau, il faut multiplier les valeurs lues avec un facteur d'échelle équivalant à 1,36.

Par exemple, 12 mm Hg équivalent à $(12 \times 1,36) = 16,3 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Mesure de la pression transpulmonaire

Ventilation mécanique

Pendant la ventilation mécanique, pour une mesure correcte de la *Pression transpulmonaire* (P_L), il faut que le sujet soit bien adapté à la ventilation mécanique, sous sédation et éventuellement curarisé. La modalité de ventilation est indifférente.

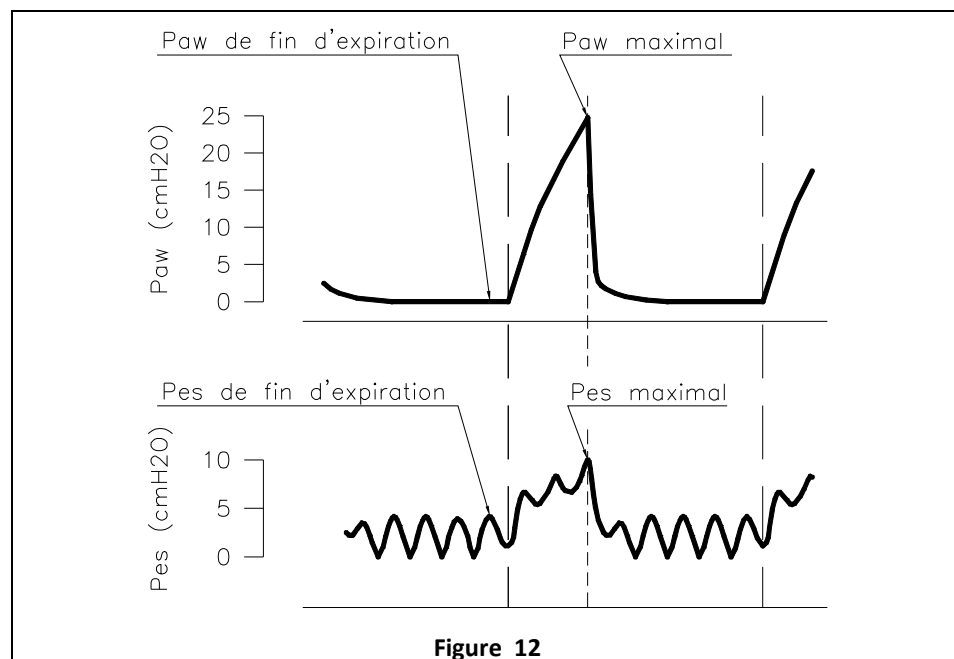
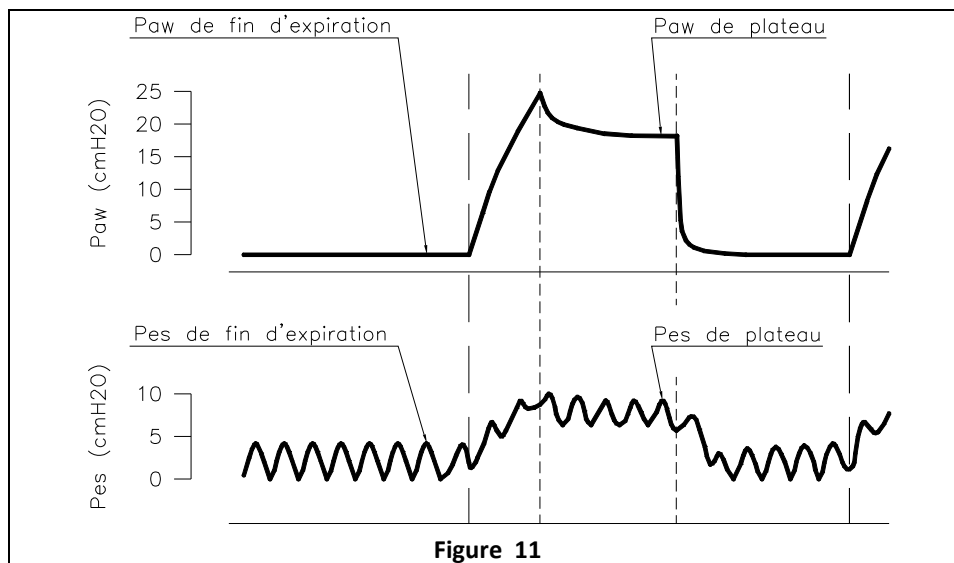
Après avoir placé la sonde NutriVent™, effectuer une pause de fin d'expiration, suivie d'une pause de fin d'inspiration. Ainsi, soit le flux expiratoire que le flux inspiratoire seront absents et les pressions, qui se développeront à l'intérieur du système respiratoire, refléteront uniquement les propriétés élastiques, celles qui sont responsables du dommage pulmonaire éventuel. Au cas où il serait impossible de faire les pauses (par exemple, avec des ventilateurs dépourvus de cette fonction), il est, cependant, possible d'utiliser les valeurs de pression des voies aériennes ainsi que celles œsophagiennes, lues à la conclusion de l'expiration et à la conclusion de l'inspiration.

Dans la **Figure 11** est indiqué un exemple de la trace de la pression des voies aériennes et de la pression œsophagienne pendant une pause de fin d'expiration et fin d'inspiration; dans la **Figure 12** est indiqué un exemple de trace en absence de pauses.

La pression des voies aériennes de fin d'expiration sera lue directement sur le moniteur ou sur le panneau du ventilateur comme la pression qui se développe à la fin de l'expiration, qui est normalement équivalente à la PEEP affichée, s'il n'y a pas de PEEP automatique, ou plus grande que la PEEP affichée sur le ventilateur, en cas de PEEP automatique.

La pression des voies aériennes à la fin de l'inspiration sera lue comme pression, qui se développe pendant la pause (P_{aw} de plateau, **Figure 11**) ou comme la pression, qui se développe à la fin de l'inspiration (P_{aw} maximale, **Figure 12**).

De façon similaire, la pression œsophagienne sera lue au moniteur ou sur le ventilateur comme la pression, qui se développe à la fin de l'expiration, tandis que celle de fin d'inspiration sera lue comme la pression qui se développe pendant la pause (P_{es} de plateau, **Figure 11**) ou comme la pression, qui se développe à la fin de l'inspiration (P_{es} maximale, **Figure 12**).



Légenda: P_{aw} = Pression des voies aériennes; P_{es} = Pression œsophagienne

En connaissant la Pression des voies aériennes (P_{aw}) et la Pression œsophagienne (P_{es}), calculer la variation de Pression transpulmonaire (ΔP_L) à l'aide de la formule suivante:

$$\Delta P_L = (P_{aw} \text{ de fin inspiration} - P_{aw} \text{ de fin expiration}) - (P_{es} \text{ de fin inspiration} - P_{es} \text{ de fin expiration})$$

Pour obtenir une mesure précise de la Pression des voies aériennes et de la Pression œsophagienne, il faut que la pause de fin inspiration ait une durée de 2-4 secondes.

⚠ Dans le cas d'artefacts dans la trace de la pression œsophagienne, par exemple spasmes, il faudra répéter la mesure.

Mesure de la compliance / élastance du système respiratoire, du poumon et de la cage thoracique

Pour obtenir la mesure de la compliance / élastance, il faut connaître la Pression œsophagienne, la Pression des voies aériennes et le Volume courant. La pression des voies aériennes et œsophagienne seront mesurées comme dans le

cas de la mesure de la pression transpulmonaire (chapitre Mesure de la pression transpulmonaire). Pour obtenir une mesure précise de la *Pression des voies aériennes* et de la *Pression œsophagienne* il faut que la pause de fin d'inspiration et d'expiration ait une durée de 2-4 secondes. En absence d'une pause de fin d'expiration et d'inspiration, il est toujours possible de calculer la compliance / élastance.

⚠ Dans le cas d'artefacts dans la trace de la pression œsophagienne, par exemple spasmes, il faudra répéter la mesure.

La compliance / élastance du système respiratoire, du poumon et de la cage thoracique seront calculées à l'aide de la formule suivante:

Compliance

| | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Système respiratoire | $C_{RS} = \frac{\text{volume courant}}{P_{aw} \text{ fin d'inspiration} - P_{aw} \text{ fin d'expiration}}$ |
| Pulmonaire | $C_L = \frac{\text{volume courant}}{(P_{aw} \text{ fin d' insp.} - P_{aw} \text{ fin d'exp.}) - (P_{es} \text{ fin d'insp} - P_{es} \text{ fin d'exp.})}$ |
| Thoracique | $C_{CW} = \frac{\text{volume courant}}{P_{es} \text{ fin d'inspiration} - P_{es} \text{ fin d'expiration}}$ |

Élastance

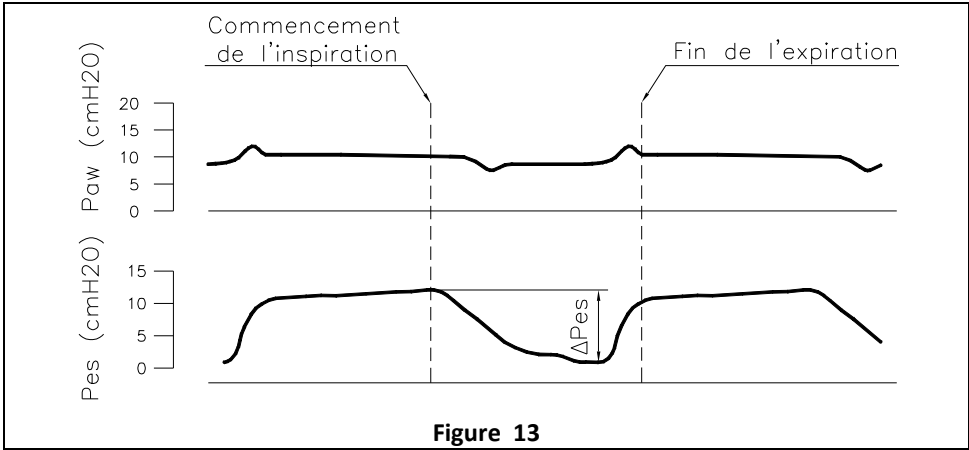
| | |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Système respiratoire | $E_{RS} = \frac{P_{aw} \text{ fin d'inspiration} - P_{aw} \text{ fin d'expiration}}{\text{volume courant}}$ |
| Pulmonaire | $E_L = \frac{(P_{aw} \text{ fin d'insp.} - P_{aw} \text{ fin d'exp.}) - (P_{es} \text{ fin d'insp} - P_{es} \text{ fin d'exp.})}{\text{volume courant}}$ |
| Thoracique | $E_{CW} = \frac{P_{es} \text{ fin d'inspiration} - P_{es} \text{ fin d'expiration}}{\text{volume courant}}$ |

Légenda: P_{aw} = Pression des voies aériennes; P_{es} = Pression œsophagienne

Mesure de l'effort inspiratoire

Après avoir positionné la sonde NutriVent™ et mise en lecture la ligne de la *Pression Œsophagienne* sur le moniteur ou sur le ventilateur, on mesurera les variations maximales de la *Pression Œsophagienne* (ΔP_{es}) du commencement de l'inspiration jusqu'à son excursion maximale.

Dans la **Figure 13** est indiqué le cas de ventilation en PPC, tandis que, dans la **Figure 14** le cas de ventilation assistée.



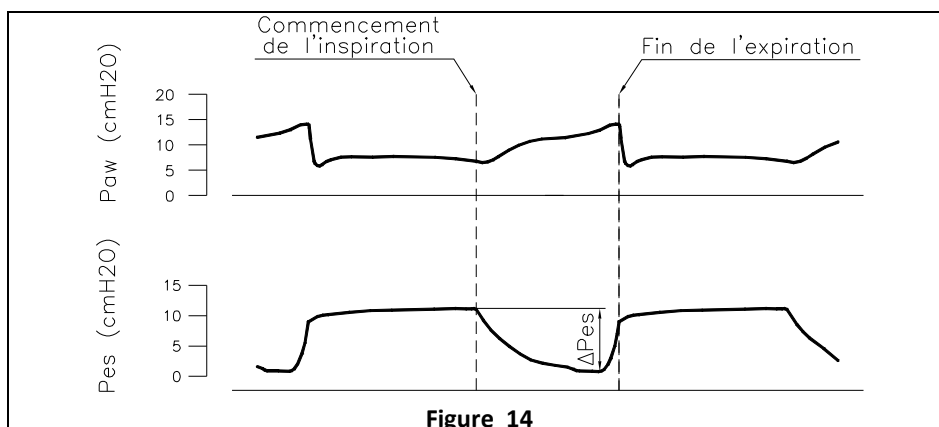


Figure 14

⚠ Dans le cas d'artefacts dans la trace de la pression œsophagienne, par exemple spasmes, il faudra répéter la mesure

Mesure de la pression gastrique (modèle à deux ballonnets)

Après avoir positionné la sonde NutriVent™ et avoir connecté la ligne de pression gastrique au moniteur ou au ventilateur

- 1) placer le patient en position couchée;
- 2) lire la valeur de *Pression gastrique* (P_{ga}) pendant la phase expiratoire (Figure 15).

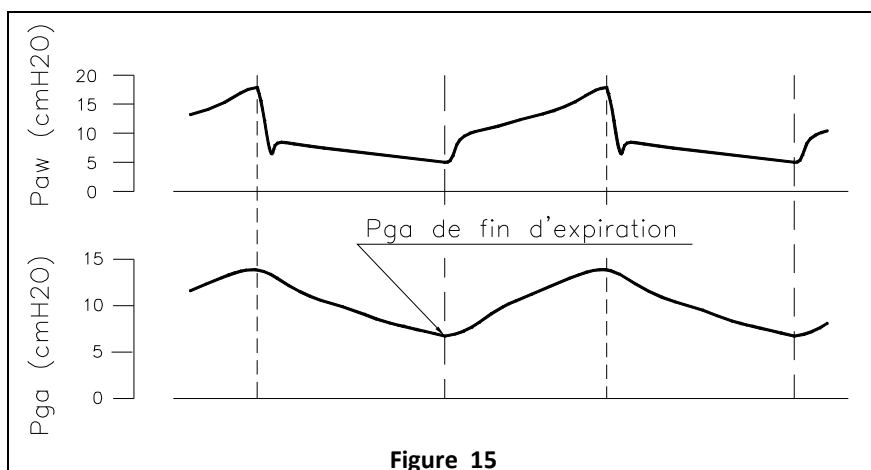


Figure 15

VALEURS DE RÉFÉRENCE

Tableau 1 - Compliance

| | C_{RS} [mL/cmH ₂ O] | C_L [mL/cmH ₂ O] | C_{CW} [mL/cmH ₂ O] |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Sujets sains en anesthésie générale | 70-80 | 110-130 | 180-210 |
| Sujets avec LPA/SDRA | 30-40 | 40-60 | 70-100 |
| Sujets MPOC avec insuffisance respiratoire | 50-90 | 100-170 | 150-260 |

Légenda: C_{RS} = Compliance système respiratoire; C_L = Compliance pulmonaire; C_{CW} = Compliance thoracique;
MPOC = Maladie Pulmonaire Obstructive Chronique.

Tableau 2 - Élastance

| | E_{RS} [cmH ₂ O/L] | E_L [cmH ₂ O/L] | E_{CW} [cmH ₂ O/L] |
|--------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Sujets sains en anesthésie générale | 12-14 | 8-9 | 4-5 |
| Sujets avec LPA/SDRA | 25-37 | 17-24 | 8-13 |
| Sujets MPOC avec insuffisance respiratoire | 11-19 | 6-10 | 5-9 |

Légenda: E_{RS} = Élastance système respiratoire; E_L = Élastance pulmonaire; E_{CW} = Élastance thoracique;
MPOC = Maladie Pulmonaire Obstructive Chronique

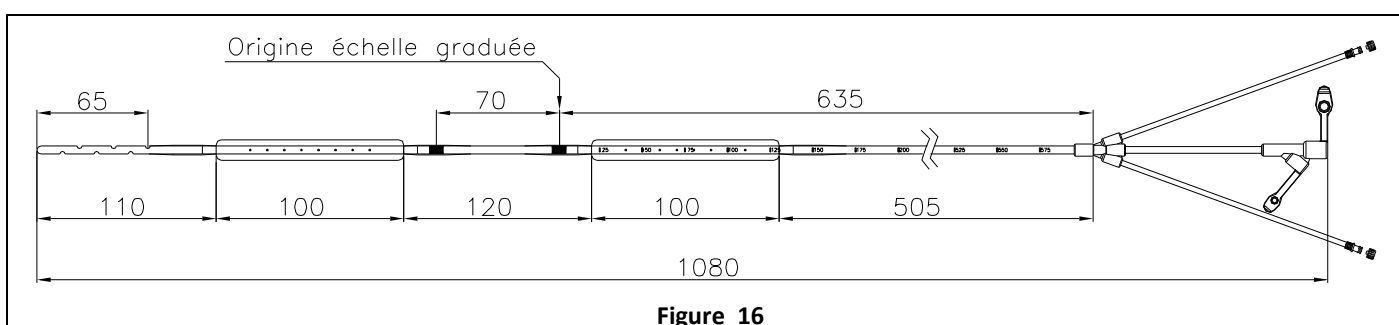
Tableau 3 - Pression abdominale (modèle à deux ballonnets)

| | Pression abdominale | |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------|
| | [mmHg] | [cmH ₂ O] |
| Normalité | 4-7 | 5,4-9,5 |
| Hypertension abdominale | ≥ 12 | ≥ 16,3 |
| Syndrome compartimentale | ≥ 20 | ≥ 27,2 |
| | Associée à l'apparition d'une nouvelle insuffisance d'organe | |

BIBLIOGRAPHIE

(1) Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza D, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L. "Stress et effort pulmonaire pendant la ventilation mécanique pour syndrome de détresse respiratoire aiguë" Am J Respir Crit Care Med. 2008 Aug 15; 178(4):346-55.

DIMENSIONS PRINCIPALES



INDICATIONS IMPORTANTES

Le dispositif permet de détecter et enregistrer en continu les valeurs de la *Pressione gastrique* et de la *Pression œsophagienne*, mais ne permet pas l'adaptation automatique du ventilateur, opération qui doit être absolument effectuée, manuellement, par le médecin.

AVERTISSEMENTS

La réutilisation du dispositif peut entraîner aussi une sérieuse aggravation de l'état de santé du patient par effet de possibles contaminations microbiennes.

ÉLIMINATION

Le dispositif doit être éliminé comme déchet hospitalier selon les prescriptions applicables en vigueur.

FABRICANT



SIDAM s.r.l

Via Statale Sud, 169

41037 San Giacomo Roncole

MIRANDOLA (MO)

LATEX FREE



STERILE EO

PVC FREE

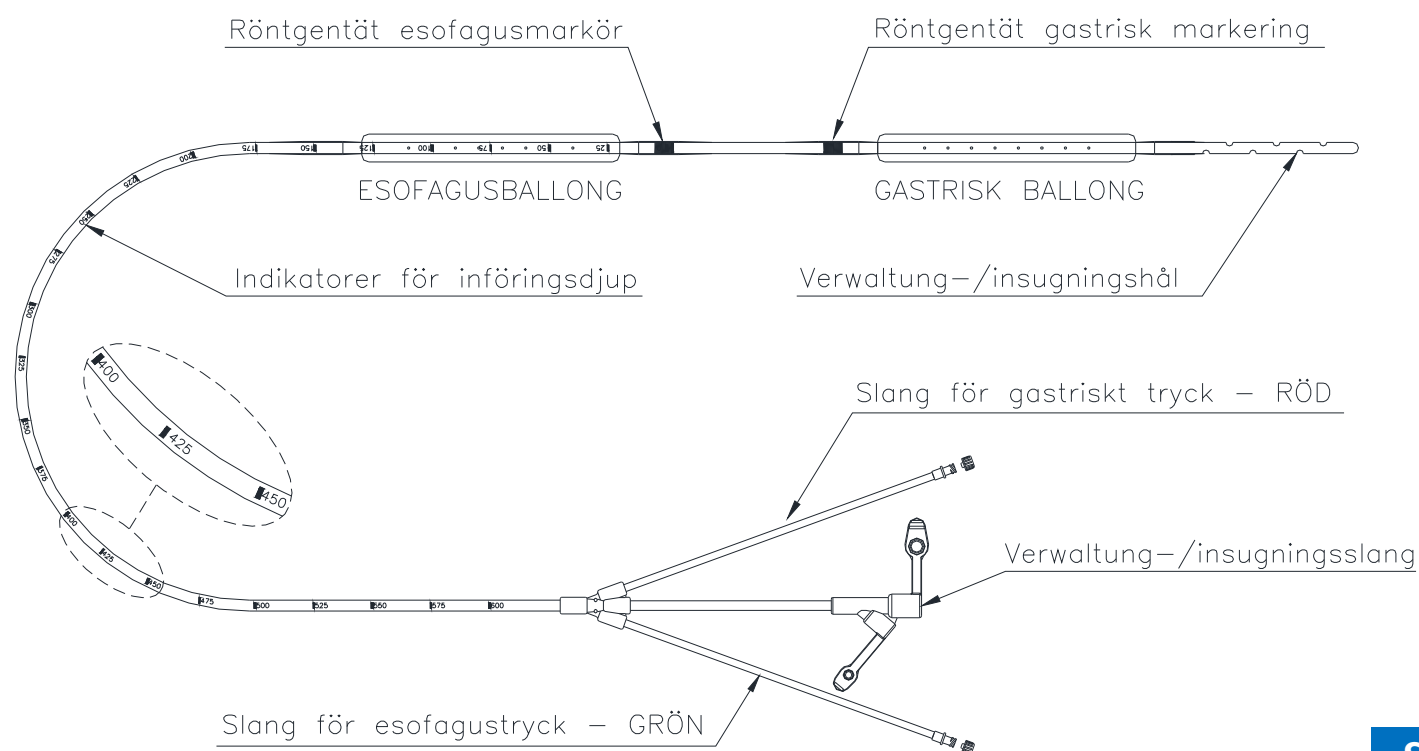


CE 0123

FLERFUNKTIONELL NASOGASTRISK SOND NUTRIVENT™

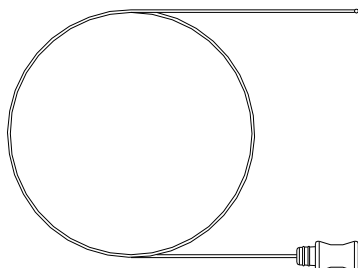
FÖRPACKNINGENS INNEHÅLL

Flerfunktionell nasogastrisk sond NutriVent (se figur på sid. 61 för mått)

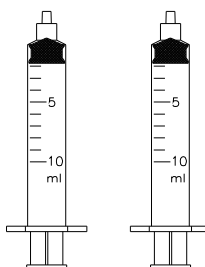


SV

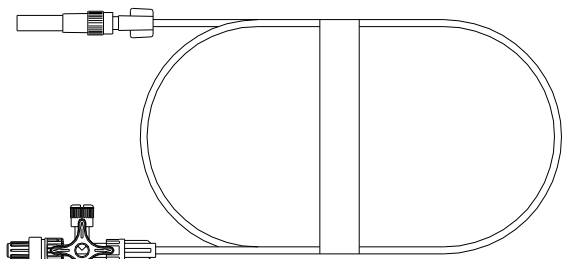
Metallskena för införing



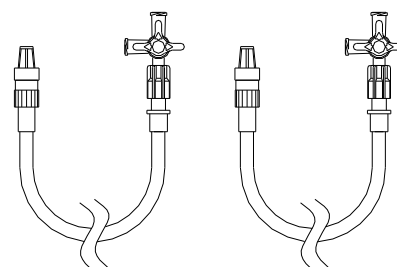
Sprutor(2x)



REF 09031009 – REF 09031015
Anslutningsslang till ventilator (2x)



REF 09031003 – REF 09031006
Slangar med trevägsventil (2x)



Den flerfunktionella nasogastriska sonden NutriVent™ är en sond av polyuretan som är utrustad med en ballong som fastställer esofagstrycket. Sonden NutriVent™ är böjlig, atraumatisk och kan även användas under långa perioder (max. 29 dagar).

Sonden NutriVent™ kan direktanslutas både till en monitor och till en mekanisk ventilator (med aktuell slang).

INDIKATIONER

Sonden NutriVent™ är avsedd att användas i samtliga de fall mätning/övervakning erfordras av esofagstrycket och det gastriska trycket hos en vuxen patient. Esofagstrycket och det gastriska trycket är viktiga för en korrekt ventilation av den kritiskt sjuke patienten.

Sonden NutriVent™ har även samma funktioner som en vanlig nasogastrisk näringssond.

FÖRDELAR

- En enda kateter.
- Kontinuerlig mätning och övervakning av esofagstrycket och det gastriska trycket.
- Inget behov av andra hjälpmedel och uteslutning av risken för urinvägsinfektioner.

KONTRAINDIKATIONER

- Okontrollerad koagulopati
- Allvarlig trombocytopeni
- Nästrauman
- Esofagusvaricer

VARFÖR OCH NÄR SKA ESOFAGUSTRYCKET OCH DET GASTRISKA TRYCKET MÄTAS

Mätning av esofagstrycket ska ske:

- 1) under mekanisk ventilation av patienter med akut nedsatt andningsförmåga (t.ex. kardiogent och icke kardiogent lungödem) för att undvika ventilatorinducerade lungskador (VILI);
- 2) under icke invasiv ventilation för att fastställa patientens andningsförmåga och kapacitet att tolerera den icke invasiva ventilationen.

Esofagstryck och ventilatorinducerad lungskada

En tumregel säger att 30 cmH₂O *Luftvägstryck* (P_{aw}) avläst på ventilatorn representerar tröskelvärdet för *ventilatorinducerad lungskada* (VILI). Den verkliga orsaken till lungskada är dock för högt transpulmonellt tryck, d.v.s. på över 15 - 20 cmH₂O. *Det Transpulmonella trycket* (P_L) är den fraktion luftvägstryck som används för att utvidga lungan. Återstående fraktion är *Pleuratrycket* (P_{pl}) som används för att utvidga bröstkorgen i lika stor omfattning. Eftersom det inte går att mäta *Pleuratrycket* (P_{pl}) direkt, används *Esofagstrycket* (P_{es}) vid klinisk tillämpning vilket har visat sig vara ett bra riktmärke.

Formel:

$$\Delta P_{aw} = \Delta P_L + \Delta P_{pl}$$

Denna ekvation representerar "andningsmekanikens indelning".

Det transpulmonella trycket kan därigenom beräknas genom att esofagstrycket mäts, d.v.s. $\Delta P_L = \Delta P_{aw} - \Delta P_{es}$.

Det har påvisats att luftvägstrycket är ett olämpligt surrogat för det transpulmonella trycket⁽¹⁾. Samma luftvägstryck på 30 cmH₂O kan i själva verket motsvaras av mycket låga transpulmonella tryck vilket beror på bröstkorgens varierande grad av elasticitet.

Se följande fall:

Fall 1: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ och $\Delta P_L = 7 \text{ cmH}_2\text{O}$

I denna situation används 23 cmH₂O tryck för att utvidga bröstkorgen och endast 7 cmH₂O för att utvidga lungan. Detta transpulmonella tryck kan vara otillräckligt för ett korrekt gasutbyte.

Fall 2: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ och $\Delta P_L = 28 \text{ cmH}_2\text{O}$

I denna situation används endast 2 cmH₂O för att utvidga bröstkorgen och 28 cmH₂O för att utvidga lungan. Detta transpulmonella tryck är nära det tryck som registreras vid max. inandningskapacitet av lungan och definitivt sådant att det ger allvarliga lungskador.

Både i **Fall 1** och **Fall 2** läser läkaren av ett luftvägstryck på 30 cmH₂O. Det är därmed ett mått på esofagusttrycket som gör att det går att göra åtskillnad mellan de två förhållandena och ändra den mekaniska ventilationen utifrån detta. I det första fallet innebär i själva verket ett högre tryck än 30 cmH₂O i luftvägarna för att garantera en korrekt ventilation inga extra risker eftersom det transpulmonella trycket förblir inom säkerhetsgränserna. I det andra fallet måste däremot aktuell volym eller PEEP minskas för att hålla det transpulmonella trycket inom säkerhetsgränserna (under 15 - 20 cmH₂O).

Esofagusttryck och compliance/elasticitet

Compliance (C) och dess reciprok *Elasticitet* (E) är mått på töjbarheten hos en mekanisk struktur och mycket användbara vid beskrivning av en patient med akut nedsatt andningsförmåga.

$$Compliance = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$Elasticitet = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

Vid akut nedsatt andningsförmåga är compliance direkt förknippad med lungvolymen som fortfarande kan ventileras. Hos en normal vuxen är compliance ca. 100 ml/cmH₂O. En compliance på 50 ml/cmH₂O indikerar att endast 50 % av originallungan fortfarande kan ventileras (återstående del har kollapsat eller stelnat). En compliance på 20 ml/cmH₂O indikerar att endast 20 % av originallungan fortfarande kan ventileras o.s.v. Mätningen av compliance ger därför en uppfattning om dimensionerna på den lunga som kan ventileras (baby lung). Om dimensionerna på lungan som kan ventileras ökar efter lungrekrytering, ökar naturligtvis compliance som en följd av detta.

Hos en vuxen patient med compliancevärden mellan 40 - 50 ml/cmH₂O är ventilation med låga volymer i överensstämmelse med PEEP fortfarande sannolikt inom säkerhetsgränserna. Värden under 30 ml/cmH₂O innebär däremot en säker risk för ventilatorinducerad lungskada.

Det underlättar att se till delarna i andningssystemet (lunga och bröstkorg) och använda elasticitetsbegreppet för att bättre kunna beskriva denna risk.

Andningssystemets elasticitet är det tryck som erfordras för att utvidga både lungan och bröstkorgen med 1 liter. Lungans elasticitet är det tryck som erfordras för att utvidga endast lungan medan bröstkorgens elasticitet är det pleuratrick som erfordras för att endast utvidga bröstkorgen. Andningssystemets elasticitet erhålls alltså av summan av lungans och bröstkorgens elasticitet.

Hos en frisk person med spontanandning är bröstkorgens och lungans elasticitet samma. Hos samma person, men som nu ligger på rygg och har fått lugnande medel, är bröstkorgens och lungans elasticitet inte längre samma (se Tabell 1). Förhållandet mellan dem är likvärl i genomsnitt 2 till 1, d.v.s. det erforderliga trycket för att utvidga lungan är ungefär dubbelt jämfört med det som erfordras för bröstkorgen. Detta är dock ett medelvärde och förhållandet

mellan lungans och bröstkorgens elasticitet är dessvärre föremål för stor föränderlighet som kan variera både hos friska och sjuka personer.

Mätningen av lungans compliance/elasticitet är m.a.o. grundläggande för en korrekt klinisk behandling av patienten.

Esofagustryck och icke invasiv ventilation

Under icke invasiv ventilation är övervakningen begränsad till fastställning av *Luftvägstrycket* (P_{aw}) och andningsfrekvensen, inte en noggrann mätning av *Aktuell volym* som i grund och botten ventilerar patienten (t.ex. p.g.a. möjliga läckage och/eller hög compliance hos mask eller hjälm).

Beräkningen av esofagustrycket genom mätning av esofagustrycket gör att den icke invasiva ventilationens funktion och eventuella risker för nedsatt andningsförmåga kan fastställas.

Hos friska personer fluktuerar esofagustrycket mellan -2 och -5 cmH₂O under inandningen vid normal ventilation.

Om esofagustrycket t.ex. fluktuerar mellan -2 och -8 cmH₂O och andningsfrekvensen är lägre än 25 andetag/minut kan det fastställas att patienten tolererar den icke invasiva ventilationen. Om esofagustrycket istället är över -10 cmH₂O är den kraftansträngning som patienten gör mycket stor och kan inte tolereras under lång tid. Att endast fastställa luftvägstrycket är alltså inte tillräckligt för en korrekt klinisk behandling av patienten.

Gastriskt tryck (modell med två ballonger)

Det abdominella trycket under normala förhållanden, när bukmuskulerna är normalt avslappnade och de inre organen har normal storlek, motsvarar i runda tal det tryck som hade uppmätts om buken hade varit full med vatten. Under dessa förhållanden erhålls det tryck som utövas någonstans på buken i ventrodorsal riktning av vattenpelarens höjd ovan multiplicerat med vätskans densitet som motsvarar 1 för vatten.

Om bukväggarna t.ex. blir styvare och/eller de inre organens volym blir större, ökar det abdominella trycket och samtliga strukturer som utsätts för detta tryck ändrar sin status. Diafragman flyttas i kranial riktning, lungvolymerna reduceras, det splankniska blodflödet minskar med påföljande nedsatt gastrointestinal, lever- och njurfunktion.

Vid kliniskt utövande kan det abdominella trycket fastställas via mätning av det gastriska trycket eller vesikala trycket. Mätningen av det gastriska trycket medger mätning av det abdominella trycket vilket förhindrar ev. risker för urinvägsinfektion, som föreligger vid mätning av det vesikala trycket, och i samtliga fall då det avrådes från att använda eller inte går att använda det vesikala trycket (avsaknad av urinkateter, omfattande bäckentrauma).

BRUKSANVISNING

Införing av flerfunktionell nasogastrisk sond NutriVent™

- 1) Placera patienten liggande på rygg eller halvsittande.
- 2) Bedöva näs- och munhåla med 4 % lidokainspray.
- 3) Smörj metallskenan rikligt med glidgel och för in den i sonden NutriVent™ så långt det går.
- 4) Smörj sonden NutriVent™ rikligt med glidgel utmed hela dess längd.
- 5) För in sonden NutriVent™ i den bakre näshålan genom näsborren och låt den passera genom matstrupen och magen tills den når ett djup på 40 - 42 cm (**Fig. 1**).

⚠ **Be en patient som är vid medvetande att svälja under införingen av sonden NutriVent™ för att underlätta dess passage.**

⚠ **Kontrollera att sonden NutriVent™ inte rullas samman i munhålan under införingen.**

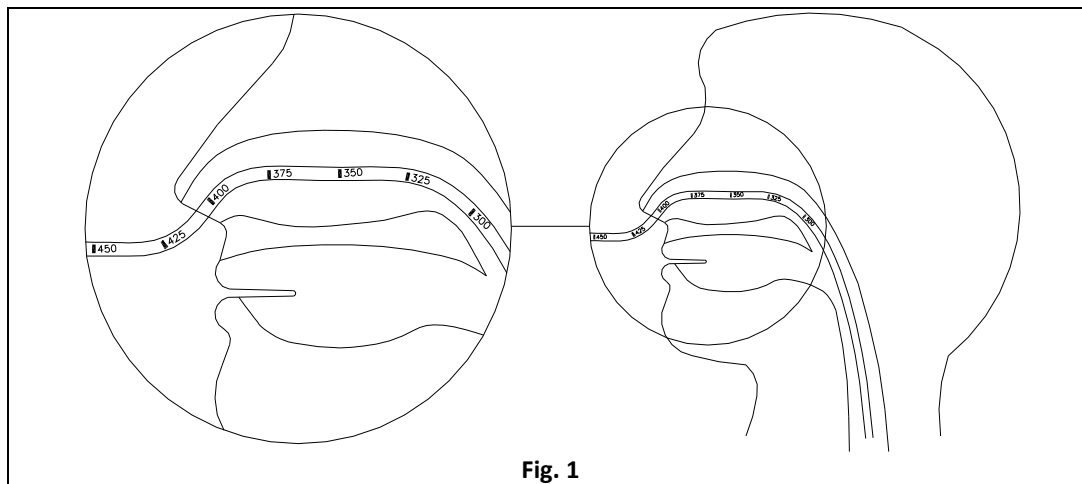


Fig. 1

- 6) Dra försiktigt ut metallskenan.
- 7) Fäst sonden NutriVent™ vid näsan med plåstret.

Anslutning till monitor och kalibrering

- 1) Anslut slangen för det tryck som ska läsas av (esofagstryck eller gastriskt tryck) till en av de två slangarna med trevägskran (Fig. 2 (B)). Anslut trevägskranen till en tryckgivare som är utrustad med luer-lock (Fig. 2 (A)).

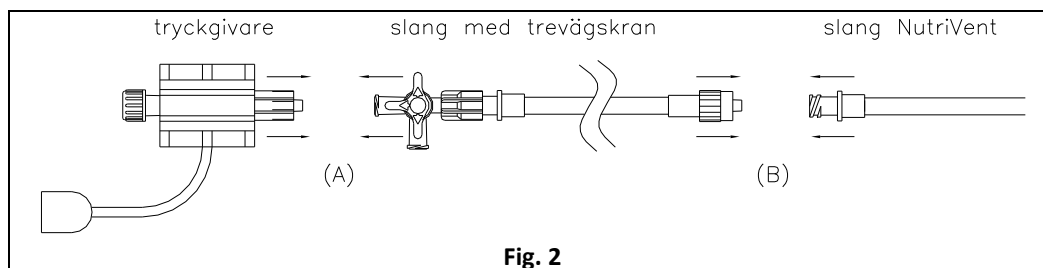


Fig. 2

- 2) Anslut tryckgivaren till monitorn med aktuell kabel (Fig. 3).

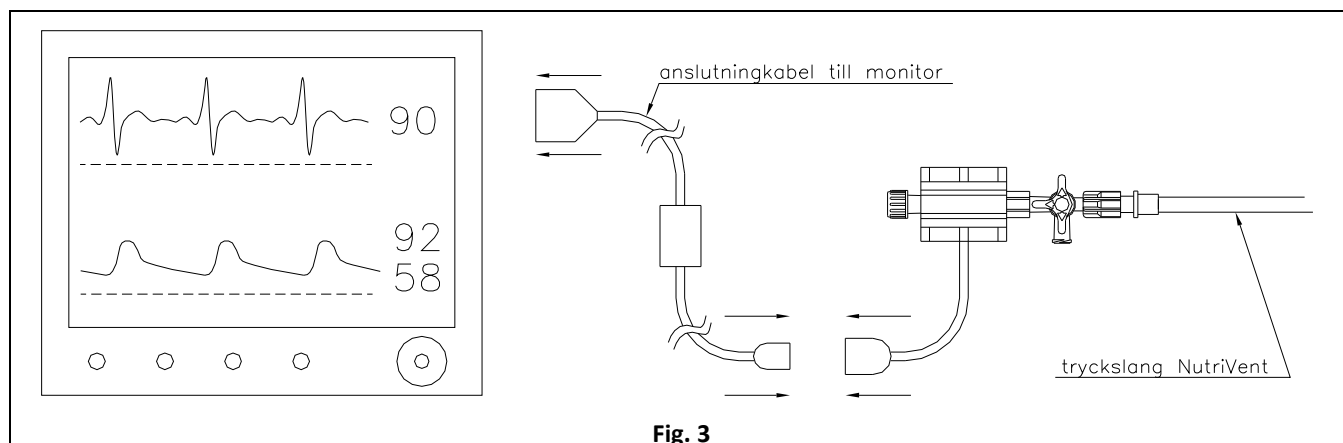


Fig. 3

- 3) Tillför luft till tryckgivaren genom att vrida på trevägskranen och utför nollställningen på monitorn (Fig. 4).

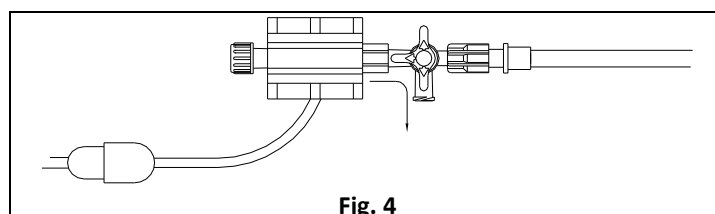


Fig. 4

- 4) Sug in all luft från ballongen med hjälp av den medföljande sprutan (Fig. 5). Blås sedan in en luftvolym på 4 ml (Fig. 6). Stäng därefter trevägskranen så att tryckgivaren ansluts till slangen för det tryck som ska läsas av.

⚠ **Proceduren i punkt 4) måste upprepas om det har gått mer än 1 timme sedan den senaste mätningen för att avläsningen ska bli korrekt.**

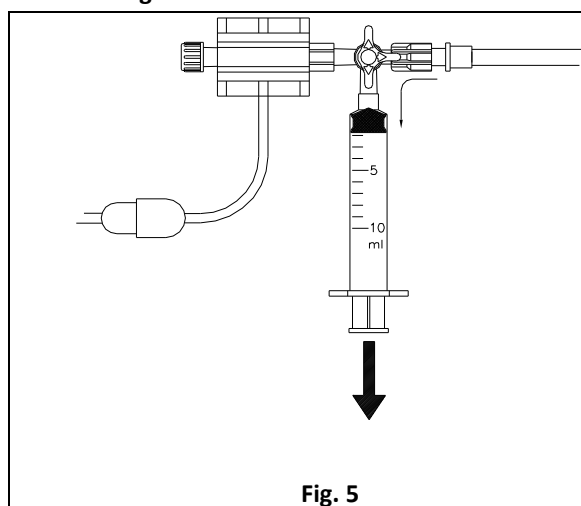


Fig. 5

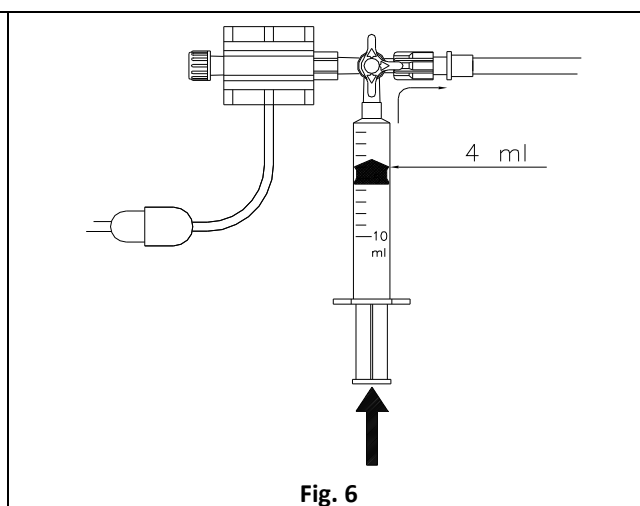


Fig. 6

Anslutning till ventilatorns extra port

- 1) Anslut slangen för det tryck som ska läsas av (esofagstryck eller gastriskt tryck) till den mekaniska ventilatorns extra port med hjälp av aktuell anslutningsslang (Fig. 7).

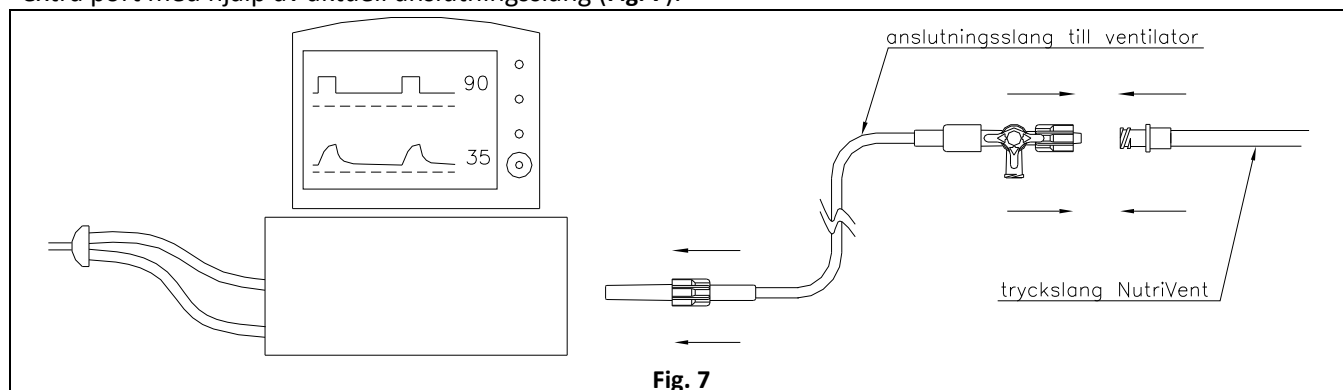


Fig. 7

- 2) Sug in all luft från ballongen med hjälp av den medföljande sprutan (Fig. 8). Blås sedan in en luftvolym på 4 ml (Fig. 9). Stäng därefter trevägskranen så att ventilatorns extra port ansluts till ballongen.

⚠ **Proceduren i punkt 2) måste upprepas om det har gått mer än 1 timme sedan den senaste mätningen för att avläsningen ska bli korrekt.**

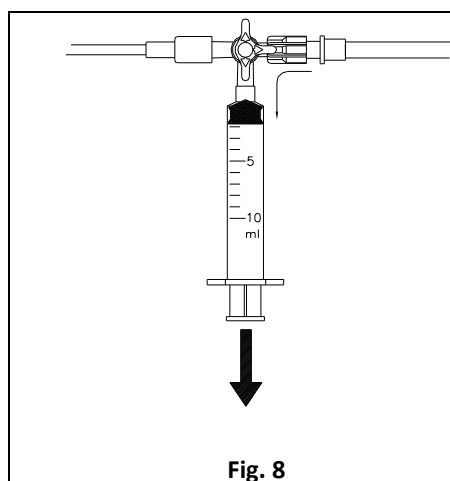


Fig. 8

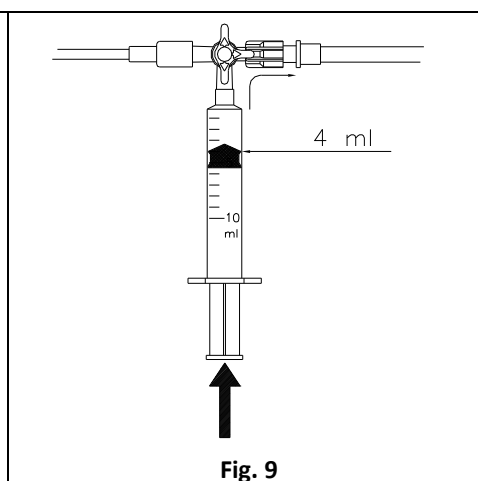
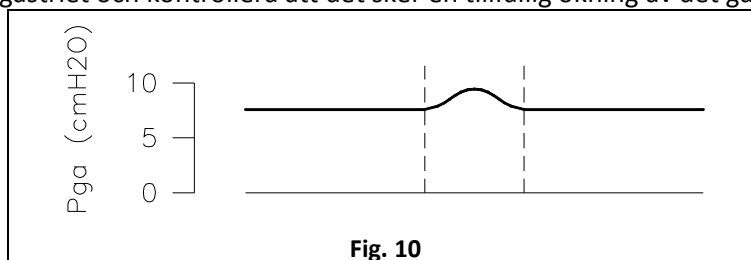


Fig. 9

Kontroll av att den gastriska ballongen är korrekt placerad (modell med två ballonger)

- 1) Tryck på magen vid epigastriet och kontrollera att det sker en tillfällig ökning av det gastriska trycket (**Fig. 10**).



Kontroll av att esofagusballongen är korrekt placerad

1. Hos patienter utan spontanandning är variationerna i esofagustryck och gastriskt tryck alltid positiva under hela andningscykeln. Hos patienter med spontanandning, där diafragman fungerar korrekt, är variationerna i gastriskt tryck däremot positiva i början av inandningen medan variationerna i esofagustryck är negativa.
 - a. Hos intuberade patienter med spontanandning är det användbart att utföra ett tilltäppningstest av luftvägarna (inandningskraft vid tilltäppta luftvägar) för att kontrollera att variationerna i esofagustrycket sker i enlighet med luftvägstrycket under en inandning.
 - b. Hos patienter som undergår icke invasiv ventilation är esofagustrycket alltid negativt i början av inandningen.
 - c. Sonden NutriVent™ har två röntgentäta markörer som sitter efter esofagusballongen och före den gastriska ballongen. De är lätta att se på en vanlig bröstkorgröntgen. De två markörerna ska befinna sig i slutet av matstrupen och i magen.

MÅTT

Måtten som läses av på monitorn vid användning av sonden NutriVent™ anges i millimeter kvicksilver. För att ange dem i centimeter vatten måste de avlästa värdena multipliceras med en skalfaktor på 1,36.

12 mmHg motsvarar t.ex. $(12 \times 1,36) = 16,3 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Mätning av transpulmonellt tryck

Mekanisk ventilation

För att det *Transpulmonella trycket* (P_L) ska kunna mätas korrekt under mekanisk ventilation är det nödvändigt att patienten har anpassat sig väl till den mekaniska ventilationen och har fått lugnande och ev. muskelavslappnande medel. Ventilationssättet spelar ingen roll.

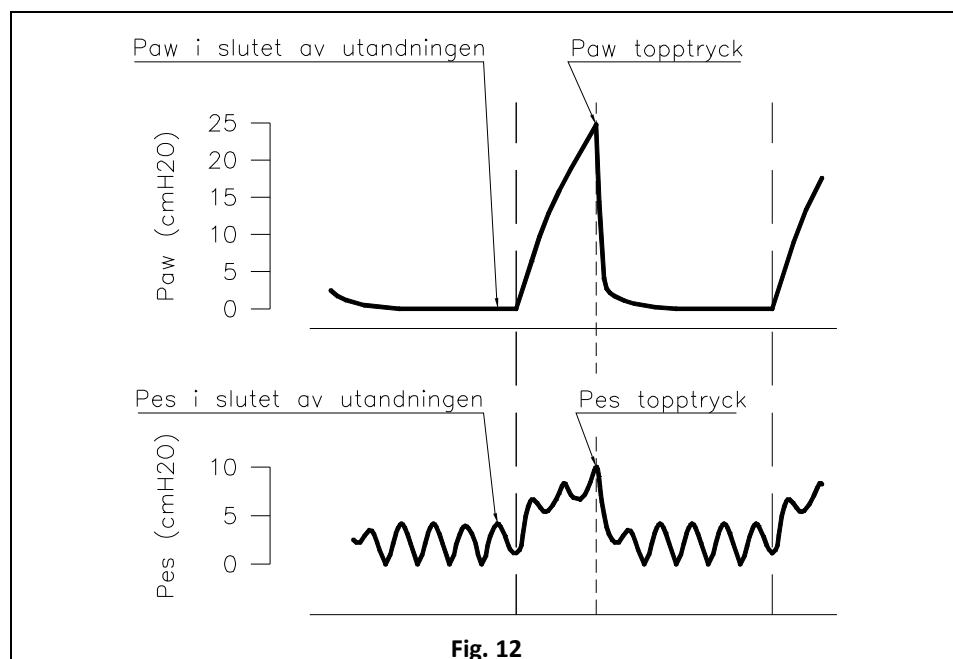
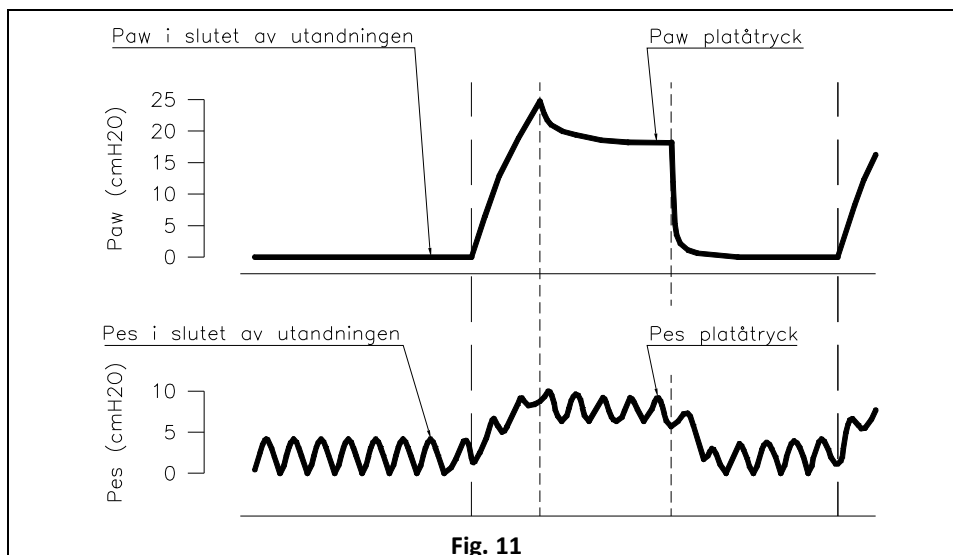
Efter placeringen av sonden NutriVent™ ska det utföras en paus i slutet av utandningen följt av en paus i slutet av inandningen. På detta sätt är både utandnings- och inandningsflödet frånvarande och trycken som utvecklas inuti andningssystemet återspeglar endast de elastiska egenskaperna, de som orsakar ev. lungskada. Om det inte går att utföra pauser (t.ex. vid ventilatorer som inte har denna funktion) går det oavsett att använda de avlästa värdena för luftvägs- och esofagustryck efter utandningen och efter inandningen.

I **Fig. 11** visas ett exempel på mätning av luftvägs- och esofagustrycket under en paus i slutet av utandningen och i slutet av inandningen. I **Fig. 12** visas ett mätexempel utan pauser.

Luftvägstrycket i slutet av utandningen läses av direkt på monitorn eller ventilatorns panel som det tryck som utvecklas efter utandningen vilket normalt motsvarar inställt PEEP, vid frånvaro av auto-PEEP, eller är högre än inställt PEEP på ventilatorn, i händelse av auto-PEEP.

Luftvägstrycket i slutet av inandningen läses av som det tryck som utvecklas under pausen (P_{aw} platåtryck, **Fig. 11**) eller som det tryck som utvecklas efter inandningen (P_{aw} topptryck, **Fig. 12**).

På samma sättet läses esofagustrycket av på monitorn eller på ventilatorn som det tryck som utvecklas efter utandningen medan trycket i slutet av inandningen läses av som det tryck som utvecklas under pausen (P_{es} platåtryck, **Fig. 11**) eller som det tryck som utvecklas efter inandningen (P_{es} topptryck, **Fig. 12**).



Teckenförklaring: P_{aw} = Luftvägstryck; P_{es} = Esofagustryck

Använd *Luftvägstrycket* (P_{aw}) och *Esofagustrycket* (P_{es}) för att beräkna variationen i det *Transpulmonella trycket* (ΔP_L) med följande formel:

$$\Delta P_L = (P_{aw} \text{ i slutet av inand.} - P_{aw} \text{ i slutet av utand.}) - (P_{es} \text{ i slutet av inand.} - P_{es} \text{ i slutet av utand.})$$

För att *Luftvägstrycket* och *Esofagustrycket* ska kunna mätas korrekt krävs det att pausen i slutet av inandningen och utandningen varar i 2 - 4 sekunder.

⚠ I händelse av ryckningar vid mätningen av esofagustrycket, t.ex. spasmer, måste mätningen upprepas.

Mätning av andningssystemets, lungans och bröstorgans compliance/elasticitet

För att compliance/elasticitet ska kunna mätas korrekt är det nödvändigt att känna till *Esofagustrycket*, *Luftvägstrycket* och *Aktuell volym*. Luftvägs- och esofagustrycket mäts på samma sätt som det transpulmonella trycket (avsnitt Mätning av transpulmonellt tryck). För att *Luftvägstrycket* och *Esofagustrycket* ska kunna mätas korrekt krävs det att pausen i slutet av inandningen och utandningen varar i 2 - 4 sekunder. Om det saknas en paus i slutet av utandningen och inandningen går det istället att beräkna compliance/elasticitet.

⚠ I händelse av ryckningar vid mätningen av esofagustrycket, t.ex. spasmer, måste mätningen upprepas.

Andningssystemets, lungans och bröstorgens compliance/elasticitet beräknas med följande formel:

Compliance

| | |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Andningssystem (Respiratory system) | $C_{RS} = \frac{\text{aktuell volym}}{P_{aw} \text{ i slutet av inand.} - P_{aw} \text{ i slutet av utand.}}$ |
| Lunga (Lung) | $C_L = \frac{\text{aktuell volym}}{(P_{aw} \text{ i slutet av inand.} - P_{aw} \text{ i slutet av utand.}) - (P_{es} \text{ i slutet av inand.} - P_{es} \text{ i slutet av utand.})}$ |
| Bröstorg (Chest wall) | $C_{CW} = \frac{\text{aktuell volym}}{P_{es} \text{ i slutet av inand.} - P_{es} \text{ i slutet av utand.}}$ |

Elasticitet

| | |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Andningssystem (Respiratory system) | $E_{RS} = \frac{P_{aw} \text{ i slutet av inand.} - P_{aw} \text{ i slutet av utand.}}{\text{aktuell volym}}$ |
| Lunga (Lung) | $E_L = \frac{(P_{aw} \text{ i slutet av inand.} - P_{aw} \text{ i slutet av utand.}) - (P_{es} \text{ i slutet av inand.} - P_{es} \text{ i slutet av utand.})}{\text{aktuell volym}}$ |
| Bröstorg (Chest wall) | $E_{CW} = \frac{P_{es} \text{ i slutet av inand.} - P_{es} \text{ i slutet av utand.}}{\text{aktuell volym}}$ |

Teckenförklaring: P_{aw} = Luftvägstryck; P_{es} = Esofagstryck

Mätning av inandningskraft

Placera sonden NutriVent™, anslut slangen för avläsning av *Esofagstrycket* till monitorn eller ventilatorn och mät sedan max. variationerna i *Esofagstrycket* (ΔP_{es}) från början av inandningen till max. exkursion.

I **Fig. 13** visas fallet med ventilation med CPAP. I **Fig. 14** visas fallet med understödd ventilation.

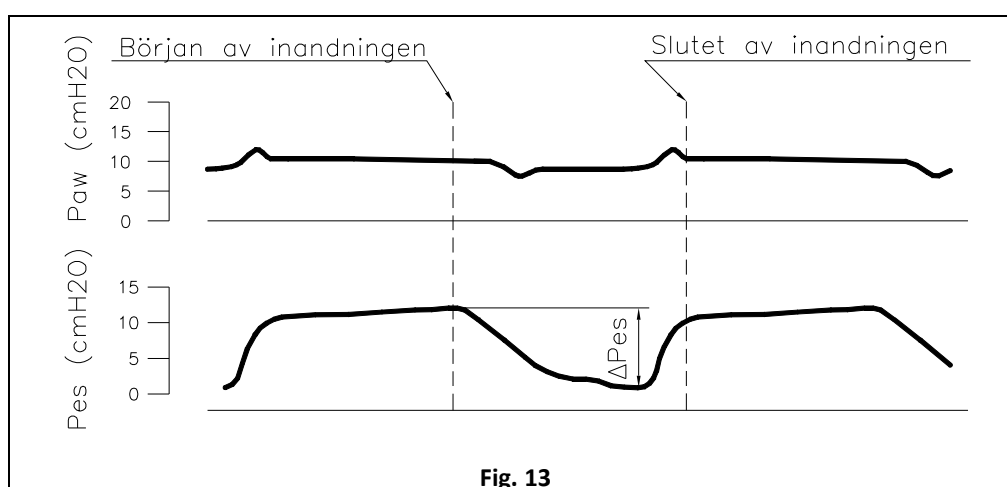


Fig. 13

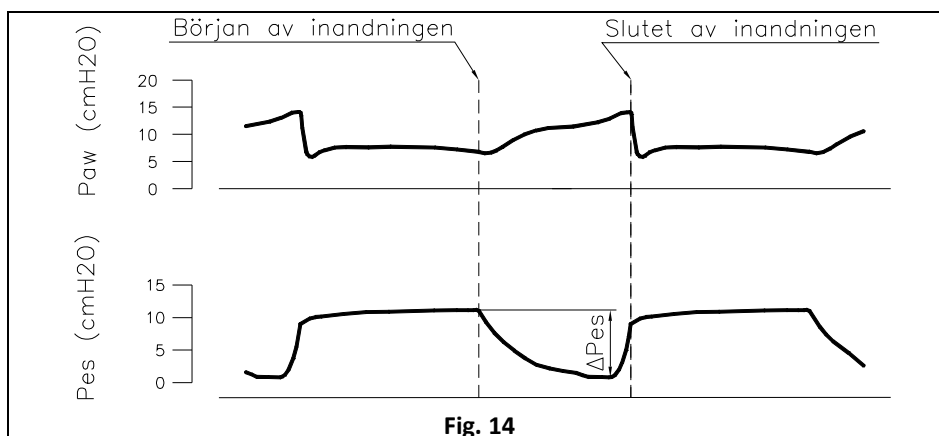


Fig. 14

⚠ I händelse av ryckningar vid mätningen av esofagstrycket, t.ex. spasmer, måste mätningen upprepas.

Mätning av gastriskt tryck (modell med två ballonger)

Placera sonden NutriVent™, anslut slangen för gastriskt tryck till monitorn eller ventilatorn och gör sedan följande:

- 1) Placera patienten liggande på rygg.
- 2) Läs av värdet för det Gastriska trycket (P_{ga}) under utandningsfasen (Fig. 15).

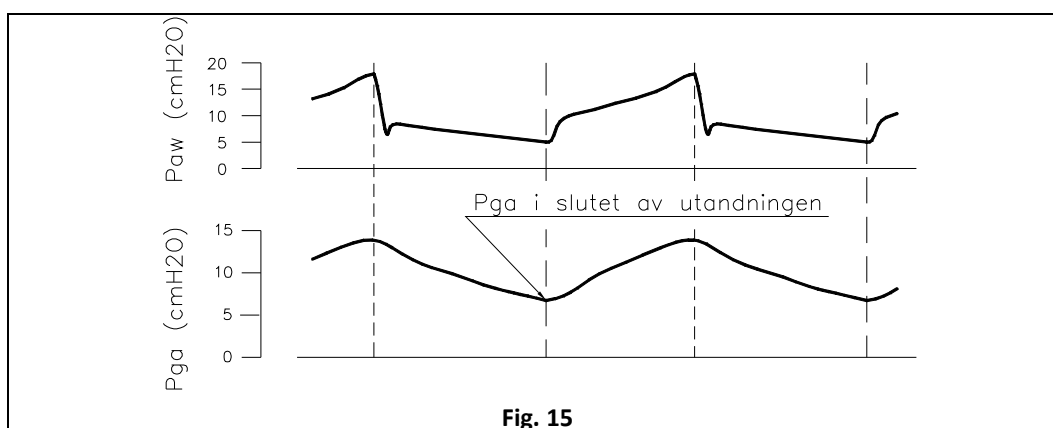


Fig. 15

REFERENSVÄRDEN

Tabell 1 - Compliance

| | C_{RS} [ml/cmH ₂ O] | C_L [ml/cmH ₂ O] | C_{CW} [ml/cmH ₂ O] |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Helsövida friska personer | 70 - 80 | 110 - 130 | 180 - 210 |
| Patienter med akut lungskada/akut respiratoriskt distressyndrom | 30 - 40 | 40 - 60 | 70 - 100 |
| KOL-patienter med nedsatt andningsförmåga | 50 - 90 | 100 - 170 | 150 - 260 |

Teckenförklaring: C_{RS} = Andningssystemets compliance; C_L = Lungans compliance; C_{CW} = Bröstkorgens compliance;
KOL = Kroniskt Obstruktiv Lungsjukdom;

Tabell 2 - Elasticitet

| | E_{RS} [cmH ₂ O/L] | E_L [cmH ₂ O/L] | E_{CW} [cmH ₂ O/L] |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Helsövida friska personer | 12 - 14 | 8 - 9 | 4 - 5 |
| Patienter med akut lungskada/akut respiratoriskt distressyndrom | 25 - 37 | 17 - 24 | 8 - 13 |
| KOL-patienter med nedsatt andningsförmåga | 11 - 19 | 6 - 10 | 5 - 9 |

Teckenförklaring: E_{RS} = Andningssystemets elasticitet; E_L = Lungans elasticitet; E_{CW} = Bröstkorgens elasticitet;
KOL = Kroniskt Obstruktiv Lungsjukdom;

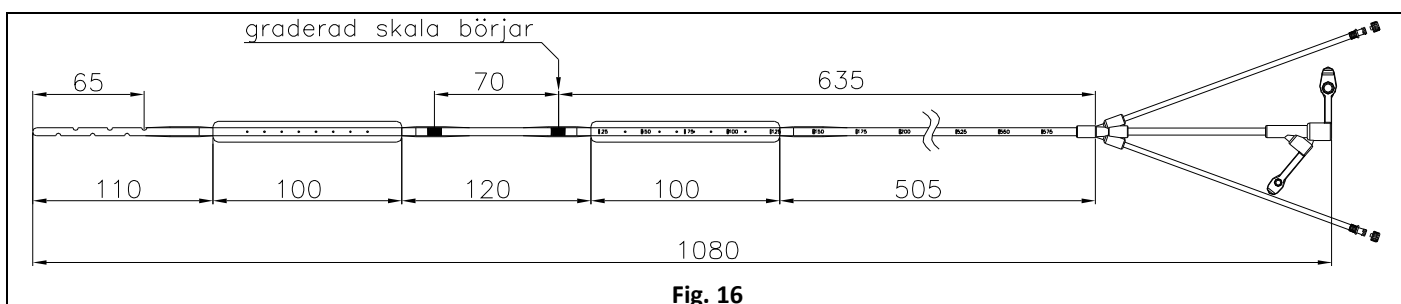
Tabell 3 - Abdominellt tryck (modell med två ballonger)

| | Abdominellt tryck | |
|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|
| | [mmHg] | [cmH ₂ O] |
| Normaltillstånd | 4 - 7 | 5,4 - 9,5 |
| Abdominell hypertension | ≥ 12 | ≥ 16,3 |
| Kompartmentsyndrom | ≥ 20 | ≥ 27,2 |
| | Förknippat med uppkomst av en ny organinsufficiens | |

KÄLLFÖRTECKNING

(1) Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza D, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L., "Lung stress and strain during mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome", Am J Respir Crit Care Med. 2008 Aug 15; 178(4):346-55.

HUVUDMÅTT



VIKTIGA INDIKATIONER

Utrustningen medger kontinuerlig mätning och registrering av värdena för *Gastriskt tryck* och *Esofagustryck* men medger inte automatisk inställning av ventilatorn som måste utföras manuellt av läkaren.

VARNINGAR

Återanvändning av utrustningen kan även leda till en kraftig försämring av patientens hälsotillstånd p.g.a. ev. mikrobiella kontaminationer.

KASSERING

Den förbrukade utrustningen ska kasseras som sjukhusavfall i enlighet med gällande miljölagstiftning.

TILLVERKARE



SIDAM s.r.l

Via Statale Sud, 169

41037 San Giacomo Roncole

MIRANDOLA (MO)

LATEX FREE



STERILE EO

PVC FREE

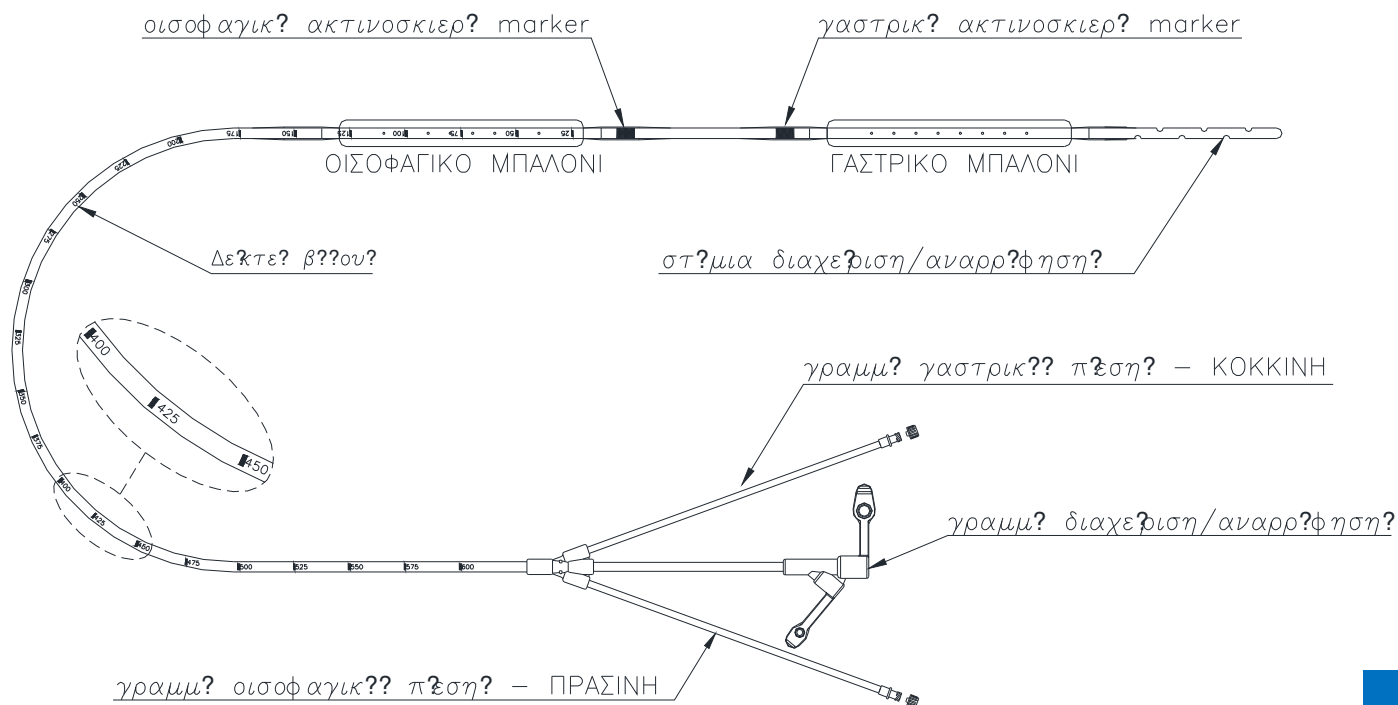


CE 0123

ΡΙΝΟΓΑΣΤΡΙΚΟΣ ΚΑΘΗΤΗΡΑΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ NUTRIVENT™

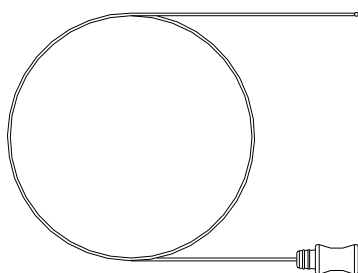
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

ΡΙνογαστρικός καθετήρας πολλαπλών χρήσεων NutriVent (για τις διαστάσεις βλ. σχέδιο στη σελ. 73)

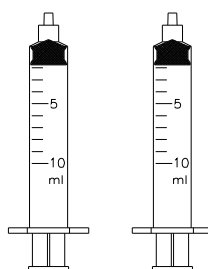


ΕΛ

Μεταλλικός οδηγός καθετήριασης



Σύριγγες (2x)

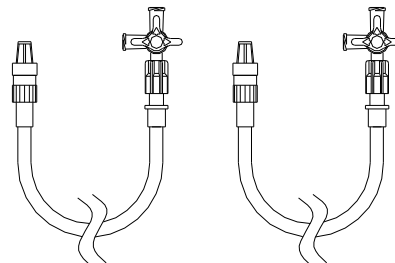
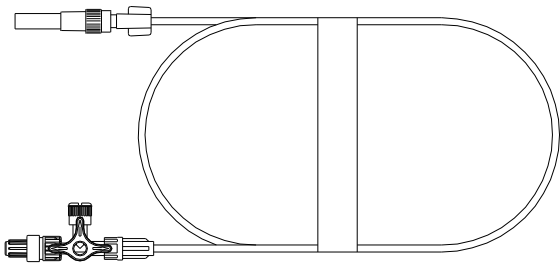


REF 09031009 – REF 09031015

Γραμμή σύνδεσης στον αναπνευστήρα (2x)

REF 09031003 – REF 09031006

Γραμμές με τρίοδη βάννα (2x)



Ο ρινογαστρικός καθετήρας πολλαπλών χρήσεων NutriVent™ είναι ένας καθετήρας από πολυουρεθάνη εφοδιασμένος με δύο μπαλόνια πολυαιθυλενίου ικανά να ανιχνεύσουν την οισοφαγική και γαστρική πίεση. Ο καθετήρας NutriVent™ είναι εύκαμπτος, ατραυματικός και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μεγάλα χρονικά διαστήματα (έως 29 ημέρες).

Ο καθετήρας NutriVent™ μπορεί να συνδεθεί απευθείας τόσο με οθόνη όσο και με μηχανικό αναπνευστήρα (μέσω ειδικής γραμμής σύνδεσης).

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Ο καθετήρας NutriVent™ είναι κατάλληλος για όλες τις περιπτώσεις στις οποίες είναι αναγκαία η μέτρηση/παρακολούθηση της οισοφαγικής και γαστρικής πίεσης του ενήλικα ασθενούς. Η οισοφαγική και η γαστρική πίεση είναι καίριας σημασίας για τον ορθό αερισμό του ασθενούς σε κρίσιμη κατάσταση.

Επιπλέον, ο καθετήρας NutriVent™ διαθέτει όλες τις λειτουργίες ενός κοινού ρινογαστρικού καθετήρα σίτισης.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Μονός καθετήρας
- Συνεχής μέτρηση και παρακολούθηση της οισοφαγικής και γαστρικής πίεσης
- Δεν απαιτεί άλλα προϊόντα και καταργεί τον κίνδυνο ουρολοιμώξεων

ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

- Μη ελεγχόμενες διαταραχές της πήξης του αίματος
- Σοβαρή θρομβοπενία
- Ρινικά τραύματα
- Οισοφαγικοί κισοί

ΓΙΑΤΙ ΚΑΙ ΠΟΤΕ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΜΕΤΡΙΕΤΑΙ Η ΟΙΣΟΦΑΓΙΚΗ ΚΑΙ Η ΓΑΣΤΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

Η μέτρηση της οισοφαγικής πίεσης ενδείκνυται:

- 1) κατά το μηχανικό αερισμό των ασθενών με οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια (π.χ. καρδιογενές και μη καρδιογενές πνευμονικό οίδημα), προκειμένου να αποφεύγονται οι βλάβες που προκαλεί ο αναπνευστήρας (VILI)
- 2) κατά το μη επεμβατικό αερισμό, για εκτίμηση της αναπνευστικής δυσκολίας του ασθενούς και της ικανότητας αντοχής του μη επεμβατικού αερισμού

Οισοφαγική πίεση και βλάβες από τον αναπνευστήρα

Είναι γνωστό ότι 30 cmH₂O Πίεσης των αεραγωγών (P_{aw}) που μετράται στον αναπνευστήρα αντιπροσωπεύουν το όριο πνευμονικής βλάβης από αναπνευστήρα (VILI). Ωστόσο, η πραγματική αιτία της πνευμονικής βλάβης είναι η υπερβολική διαπνευμονική πίεση, άνω των 15-20 cmH₂O. Η Διαπνευμονική πίεση (P_L) είναι το τμήμα πίεσης των αεραγωγών που “καταναλώνεται” για την έκπτυξη του πνεύμονα, ενώ το υπόλοιπο τμήμα αποτελεί η Πλευρική πίεση (P_p), η οποία καταναλώνεται για τη διάταση κατά ίσο όγκο του θώρακα. Εφόσον δεν είναι δυνατή η άμεση

μέτρηση της *πλευρικής πίεσης* (P_{pl}), στην κλινική πρακτική χρησιμοποιείται η *Οισοφαγική πίεση* (P_{es}) η οποία αποδείχθηκε ότι αποτελεί αξιόπιστο δείκτη.

Ο τύπος είναι:

$$\Delta P_{aw} = \Delta P_L + \Delta P_{pl}$$

Η εξίσωση αυτή εκφράζει την “κατανομή της μηχανικής αναπνοής”.

Συνεπώς, μετρώντας την οισοφαγική πίεση μπορούμε να υπολογίσουμε τη διαπνευμονική (πράγματι $\Delta P_L = \Delta P_{aw} - \Delta P_{es}$).

Έχει αποδειχθεί ότι η πίεση των αεραγωγών είναι ένα ακατάλληλο υποκατάστατο της διαπνευμονικής πίεσης⁽¹⁾: πράγματι, στην ίδια πίεση των αεραγωγών 30 cmH₂O μπορεί να αντιστοιχούν πολύ χαμηλές διαπνευμονικές πιέσεις και αυτό οφείλεται στη μεταβλητότητα της ελαστικότητας του θώρακα.

Ας εξετάσουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

Περίπτωση 1: $\Delta P_{aw} = 30$ cmH₂O και $\Delta P_L = 7$ cmH₂O

Στην περίπτωση αυτή 23 cmH₂O πίεσης καταναλώνονται για τη διάταση του θώρακα και μόνον 7 cmH₂O για την έκπτυξη του πνεύμονα. Αυτή η διαπνευμονική πίεση μπορεί να είναι ανεπαρκής για μια επαρκή εναλλαγή αερίων.

Περίπτωση 2: $\Delta P_{aw} = 30$ cmH₂O και $\Delta P_L = 28$ cmH₂O

Στην περίπτωση αυτή μόνο 2 cmH₂O καταναλώνονται για τη διάταση του θώρακα και 28 cmH₂O για την έκπτυξη του πνεύμονα. Αυτή η διαπνευμονική πίεση πλησιάζει την πίεση που μετράται στη μέγιστη αναπνευστική ικανότητα του πνεύμονα και αρκεί ασφαλώς να προκαλέσει μη αναστρέψιμες βλάβες στον πνεύμονα.

Τόσο στην **Περίπτωση 1** όσο και στην **Περίπτωση 2** ο ιατρός διαβάζει μια πίεση αεραγωγών 30 cmH₂O και συνεπώς η μέτρηση της οισοφαγικής πίεσης είναι αυτή που επιτρέπει το διαχωρισμό τους και τη συνεπακόλουθη μεταβολή του μηχανικού αερισμού. Πράγματι, στην πρώτη περίπτωση, η υπέρβαση των 30 cmH₂O στους αεραγωγούς για να διασφαλίζεται ένας επαρκής αερισμός δεν επιφέρει πρόσθετους κινδύνους, καθώς η διαπνευμονική πίεση θα παραμείνει εντός των ορίων ασφαλείας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, ο αναπνεόμενος όγκος ή η θετική τελοεκπνευστική πίεση (PEEP) πρέπει να μειωθούν για να επανέλθει η διαπνευμονική πίεση στα όρια ασφαλείας (κάτω των 15-20 cmH₂O).

Οισοφαγική πίεση και ευενδοτότητα/διατασιμότητα

Η *Ευενδοτότητα* (C) και το αντίστροφό της, η *Διατασιμότητα* (E), είναι μέτρα της διατασιμότητας μιας μηχανικής δομής και είναι εξαιρετικά χρήσιμες για τον χαρακτηρισμό ενός ασθενούς με οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια.

$$\text{Ευενδοτότητα} = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$\text{Διατασιμότητα} = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

Στην οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια η ευενδοτότητα σχετίζεται άμεσα με το τμήμα του πνεύμονα που μπορεί ακόμα να αερίζεται. Σε ένα φυσιολογικό ενήλικα η ευενδοτότητα είναι περίπου 100 mL/cmH₂O: ευενδοτότητα 50 mL/cmH₂O σημαίνει ότι μόνο το 50% του αρχικού πνεύμονα είναι ακόμα διαθέσιμο για αερισμό (το υπόλοιπο έχει καταρρεύσει ή έχει καταληφθεί από υγρό), ενώ ευενδοτότητα 20 mL/cmH₂O σημαίνει ότι μόνο το 20% του αρχικού πνεύμονα είναι ακόμα διαθέσιμο για αερισμό κ.ο.κ. Συνεπώς, η μέτρηση της ευενδοτότητας παρέχει μια ιδέα του διαθέσιμου για αερισμό όγκου του πνεύμονα (baby lung). Ασφαλώς, εάν μετά από χειρισμούς αποκατάστασης αυξηθούν οι διαστάσεις του διαθέσιμου για αερισμό πνεύμονα, αυξάνεται αναλόγως και η ευενδοτότητα.

Σε έναν ενήλικα ασθενή με τιμές ευενδοτότητας 40-50 mL/cmH₂O, ο αερισμός με χαμηλούς αναπνεόμενους όγκους με PEEP βρίσκεται πιθανώς ακόμη εντός των ορίων ασφαλείας, ενώ κάτω από τα 30 mL/cmH₂O βρίσκεται η ζώνη βέβαιου κινδύνου βλάβης από τον αναπνευστήρα.

Για τον καλύτερο προσδιορισμό αυτού του κινδύνου είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος (πνεύμονας και θώρακας) και η έννοια της διατασιμότητας.

Η διατασιμότητα του αναπνευστικού συστήματος είναι η αναγκαία πίεση για τη διάταση κατά 1 λίτρο τόσο του πνεύμονα όσο και του θώρακα, η πνευμονική διατασιμότητα είναι η αναγκαία πίεση για τη διάταση μόνο του πνεύμονα, ενώ η θωρακική διατασιμότητα είναι η αναγκαία πλευρική πίεση για τη διάταση μόνο του θώρακα. Συνεπώς, η διατασιμότητα του αναπνευστικού συστήματος προκύπτει από το άθροισμα της πνευμονικής και θωρακικής διατασιμότητας.

Σε έναν υγιή ασθενή με αυθόρμητη αναπνοή, η διατασιμότητα του θώρακα είναι ίση με την πνευμονική. Στον ίδιο ασθενή, σε ύπτια θέση ή σε καταστολή, η διατασιμότητα του θώρακα και του πνεύμονα δεν είναι πλέον ίσες (βλ. Πίνακα 1), αλλά η σχέση τους μεταβάλλεται κατά μέσον όρο σε 2 προς 1 και συνεπώς η αναγκαία πίεση για τη διάταση του πνεύμονα είναι σχεδόν διπλή ως προς του θώρακα. Η τιμή αυτή ωστόσο είναι μια μέση τιμή και, δυστυχώς, η σχέση μεταξύ διατασιμότητας του πνεύμονα και του θώρακα είναι άκρως μεταβλητή και μπορεί να ποικίλει τόσο σε υγιείς όσο και σε ασθενείς.

Συνεπώς, η μέτρηση της ευενδοτότητας / διατασιμότητας του πνεύμονα είναι αναγκαία για τη σωστή κλινική αντιμετώπιση του ασθενούς.

Οισοφαγική πίεση και μη επεμβατικός αερισμός

Κατά τον μη επεμβατικό αερισμό η παρακολούθηση περιορίζεται στη μέτρηση της *Πίεσης των αεραγωγών* (P_{aw}) και στον αναπνευστικό ρυθμό, εφόσον δεν είναι δυνατή η ακριβής μέτρηση του *Αναπνεόμενου Όγκου* που αερίζει στην πραγματικότητα τον ασθενή (π.χ. λόγω πιθανών διαρροών ή/και υψηλής ευενδοτότητας της μάσκας ή του κράνους).

Ο υπολογισμός της οισοφαγικής πίεσης μέσω της μέτρησης, μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε την απόδοση του μη επεμβατικού αερισμού και τους πιθανούς κινδύνους αναπνευστικής κόπωσης.

Σε υγιή άτομα με φυσιολογικό αερισμό η οισοφαγική πίεση κυμαίνεται από -2 έως -5 cmH₂O κατά την εισπνοή.

Συνεπώς, εάν, για παράδειγμα, η οισοφαγική πίεση κυμαίνεται μεταξύ -2 και -8 cmH₂O και ο αναπνευστικός ρυθμός είναι μικρότερος από 25 αναπνοές ανά λεπτό, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο ασθενής αντέχει επαρκώς τον μη επεμβατικό αερισμό. Αντιθέτως, εάν η οισοφαγική πίεση υπερβεί τα -10 cmH₂O, γνωρίζουμε ότι η προσπάθεια που καταβάλλει ο ασθενής είναι εξαιρετικά υψηλή και δεν μπορεί να γίνει ανεκτή για μεγάλο διάστημα. Συνεπώς, η μέτρηση μόνο της πίεσης των αεραγωγών δεν επαρκεί για την ορθή κλινική αντιμετώπιση του ασθενούς.

Γαστρική πίεση (μοντέλο με δύο μπαλόνια)

Σε φυσιολογικές συνθήκες, όταν οι κοιλιακοί μύες είναι φυσιολογικά εκτεταμένοι και τα σπλάχνα σε κανονικές διαστάσεις, η κοιλιακή πίεση είναι κατά πρώτη προσέγγιση ίση με την πίεση που θα είχε η κοιλία εάν ήταν γεμάτη νερό. Στις συνθήκες αυτές, η πίεση που ασκείται σε οποιοδήποτε σημείο της κοιλιακής χώρας με κοιλιοραχιαία κατεύθυνση δίδεται από το γινόμενο του ύψους της υπερκείμενης στήλης νερού επί την πυκνότητα του υγρού που ισούται με 1 για το νερό.

Εάν, για παράδειγμα, τα τοιχώματα της κοιλίας σκληρύνουν ή/και αυξηθεί ο όγκος των σπλάχνων, η κοιλιακή πίεση θα αυξηθεί και θα μεταβληθεί η κατάσταση όλων των οργάνων που υφίστανται αυτήν την πίεση. Το διάφραγμα θα μετακινηθεί με κρανιακή κατεύθυνση, ο όγκος των πνευμόνων θα μειωθεί και η σπλαχνική έγχυση θα μειωθεί με επιδείνωση της γαστρεντερικής, της ηπατικής και της νεφρικής λειτουργίας.

Στην κλινική πρακτική, η κοιλιακή πίεση μπορεί να εκτιμηθεί με τη μέτρηση της γαστρικής ή της κυστικής πίεσης. Η μέτρηση της γαστρικής πίεσης επιτρέπει τη μέτρηση της κοιλιακής πίεσης αποφεύγοντας πιθανούς κινδύνους ουρολοίμωξης που υφίστανται στη μέτρηση της κυστικής πίεσης και σε όλες τις περιπτώσεις κατά τις οποίες αντενδείκνυται ή δεν είναι δυνατή η χρήση της κυστικής (απουσία ουροκαθετήρα, εκτεταμένο τραύμα πυέλου).

ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ

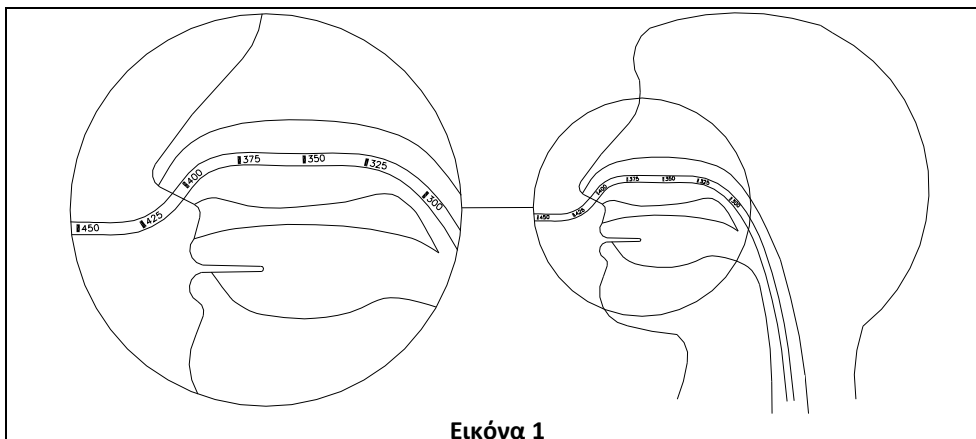
Εισαγωγή του ρινογαστρικού καθετήρα πολλαπλών χρήσεων NutriVent™

- 1) Τοποθετήστε τον ασθενή σε ύπτια ή ημικαθιστή θέση.
- 2) Αναισθητοποιήστε τη ρινική κοιλότητα και το στόμα με σπρέι λιδοκαΐνης 4%.
- 3) Λιπάνετε το μεταλλικό οδηγό με άφθονο τζελ λίπανσης και τοποθετήστε τον στο εσωτερικό του καθετήρα NutriVent™ έως το απομακρυσμένο άκρο.
- 4) Λιπάνετε τον καθετήρα NutriVent™ με άφθονο τζελ λίπανσης σε όλο το μήκος του.

5) Εισάγετε τον καθετήρα NutriVent™ στην οπίσθια ρινική κοιλότητα μέσω του ρουθουνιού και προωθήστε τον στον οισοφάγο και στον στομάχο έως ότου φτάσει σε βάθος 40-42 cm (Εικόνα 1).

⚠ Εάν ο ασθενής έχει τις αισθήσεις του, ζητήστε του να καταπίνει κατά τη διέλευση του καθετήρα NutriVent™ για να διευκολύνεται η προώθηση.

⚠ Κατά την καθετηρίαση, βεβαιωθείτε ότι ο καθετήρας NutriVent™ δεν τυλίγεται στη στοματική κοιλότητα.



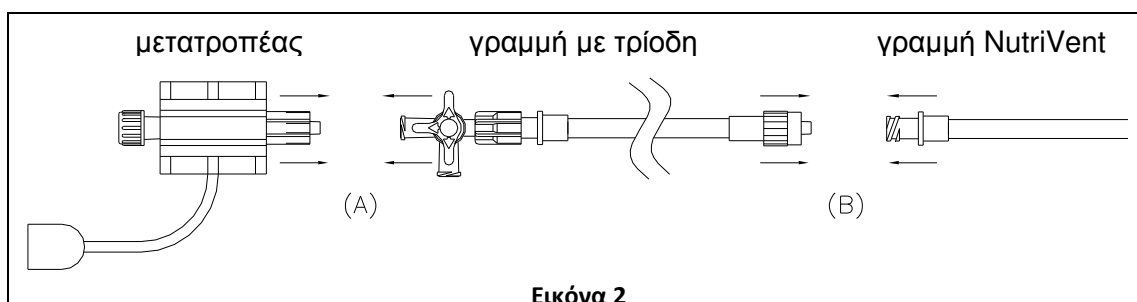
Εικόνα 1

6) Βγάλτε προσεκτικά το μεταλλικό οδηγό.

7) Στερεώστε με τσιρότο τον καθετήρα NutriVent™ στη μύτη.

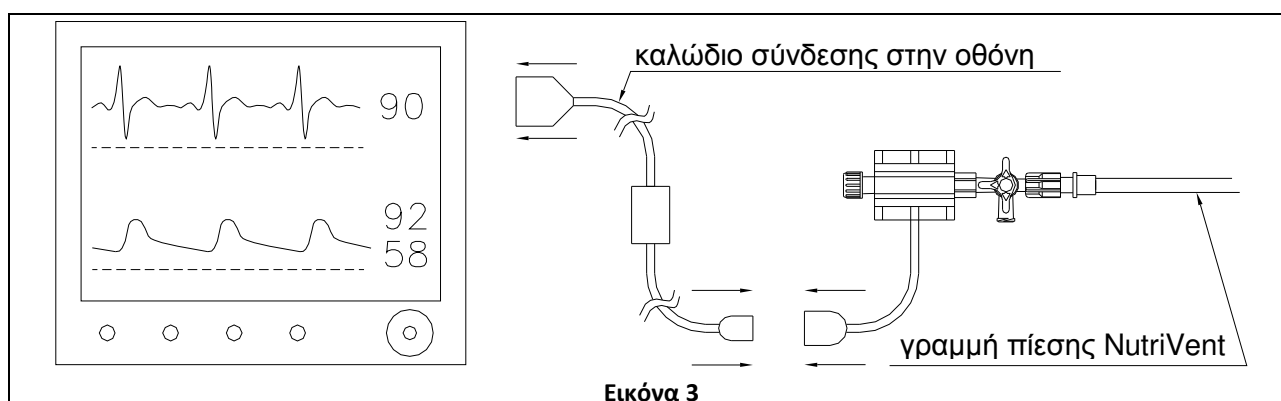
Σύνδεση στην οθόνη και βαθμονόμηση

1) Συνδέστε τη γραμμή πίεσης που θέλετε να ελέγξετε (οισοφαγική ή γαστρική) σε μία από τις δύο γραμμές της τρίοδης βάνας (Εικόνα 2 (B)) και συνδέστε τη βάνα σε ένα μετατροπέα πίεσης που διαθέτει luer-lock (Εικόνα 2 (A)).



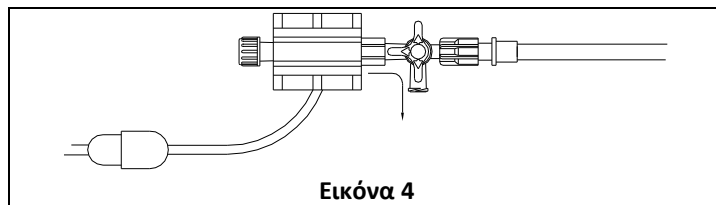
Εικόνα 2

2) Συνδέστε το μετατροπέα πίεσης στην οθόνη μέσω του ειδικού καλωδίου (Εικόνα 3).



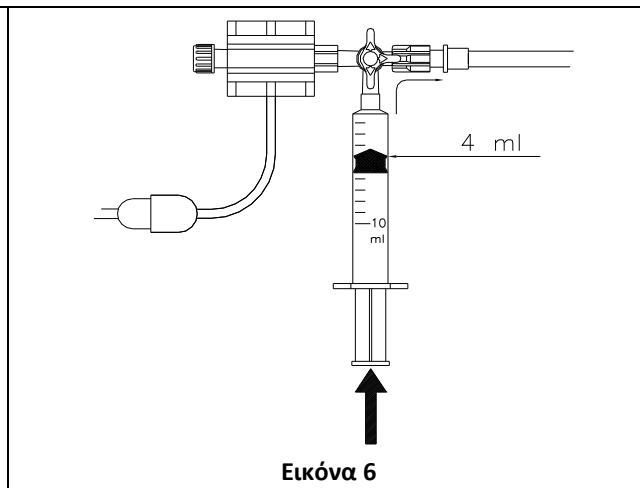
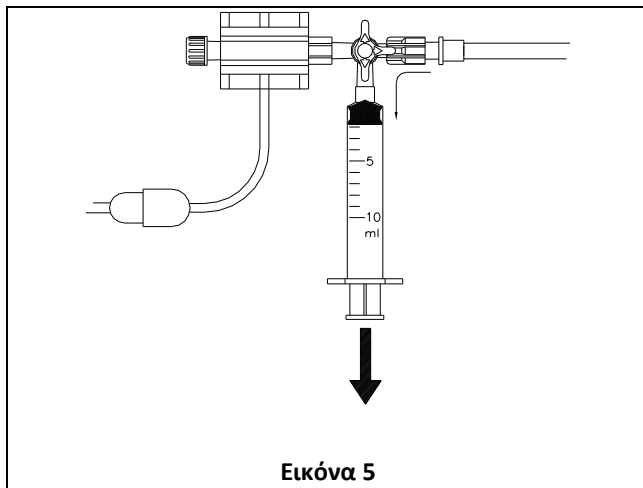
Εικόνα 3

3) Τροφοδοτήστε με αέρα το μετατροπέα πίεσης γυρνώντας κατάλληλα την τρίοδη βάνα και εκτελέστε τη διαδικασία μηδενισμού στην οθόνη (Εικόνα 4).



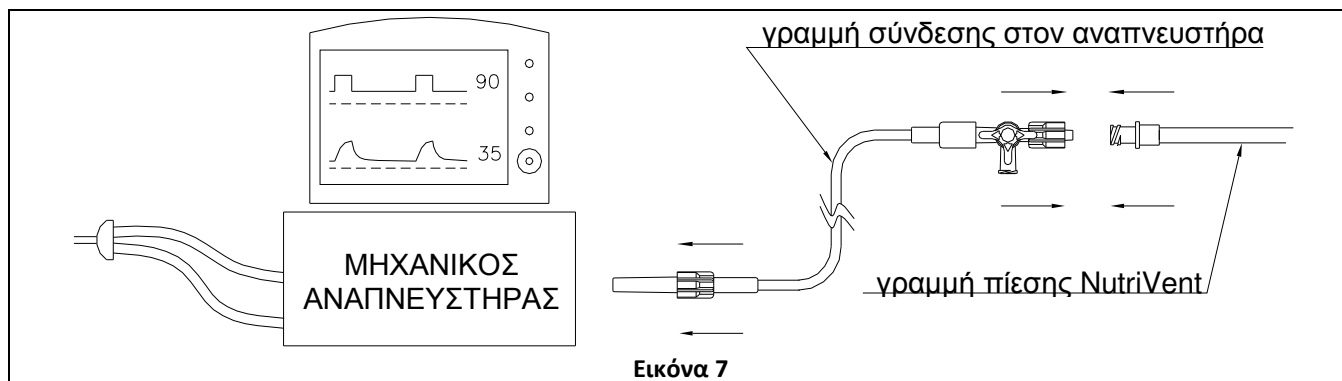
- 4) Αναρροφήστε με τη διατιθέμενη σύριγγα όλο τον αέρα από το μπαλόνι (Εικόνα 5) και στη συνέχεια εμφυσήστε 4 mL (Εικόνα 6) αέρα. Στη συνέχεια κλείστε την τρίοδη βάνα συνδέοντας το μετατροπέα πίεσης με τη γραμμή πίεσης για μέτρηση.

⚠ Για ακριβή μέτρηση, η διαδικασία του σημείου 4) πρέπει να επαναληφθεί εάν έχει παρέλθει πάνω από μία ώρα από την τελευταία μέτρηση.



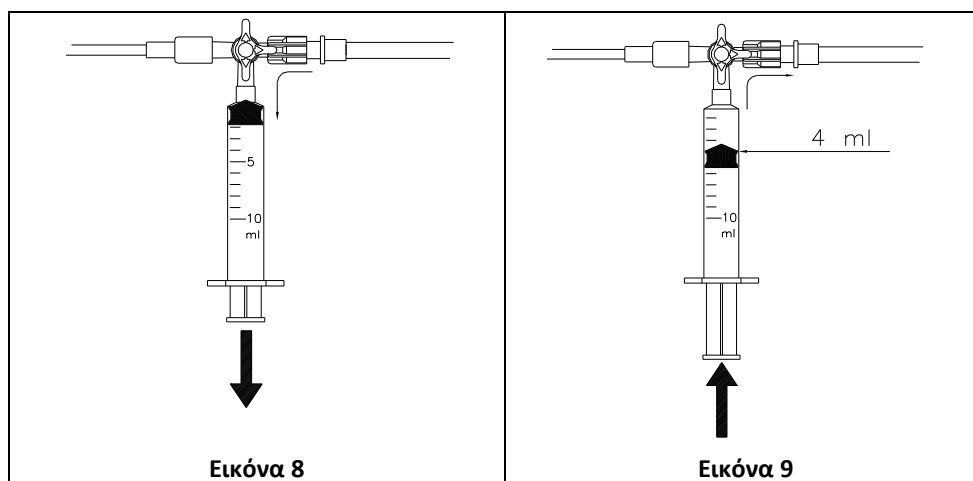
Σύνδεση στη βοηθητική θύρα του αναπνευστήρα

- 1) Συνδέστε τη γραμμή πίεσης που θέλετε να ελέγξετε (οισοφαγική ή γαστρική) στη βοηθητική θύρα του μηχανικού αναπνευστήρα μέσω της ειδικής γραμμής σύνδεσης (Εικόνα 7).



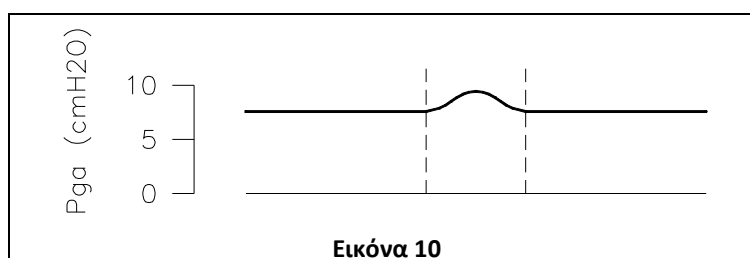
- 2) Αναρροφήστε με τη διατιθέμενη σύριγγα όλο τον αέρα από το μπαλόνι (Εικόνα 8) και στη συνέχεια εμφυσήστε 4 mL αέρα (Εικόνα 9). Στη συνέχεια κλείστε την τρίοδη βάνα συνδέοντας τη βοηθητική θύρα του αναπνευστήρα με το μπαλόνι.

⚠ Για ακριβή μέτρηση, η διαδικασία του σημείου 2) πρέπει να επαναληφθεί εάν έχει παρέλθει πάνω από μία ώρα από την τελευταία μέτρηση.



Έλεγχος ορθής τοποθέτησης γαστρικού μπαλονιού (μοντέλο με δύο μπαλόνια)

- 1) Πιέστε την κοιλιακή χώρα στο ύψος του επιγαστρίου και ελέγξτε εάν υπάρχει παροδική αύξηση της γαστρικής πίεσης (Εικόνα 10).



Έλεγχος ορθής τοποθέτησης του οισοφαγικού μπαλονιού

- 1) Στα άτομα χωρίς αυθόρμητη αναπνευστική λειτουργία, οι μεταβολές της οισοφαγικής και γαστρικής πίεσης είναι πάντοτε θετικές σε όλο τον αναπνευστικό κύκλο, ενώ στα άτομα με αυθόρμητη αναπνευστική λειτουργία, εάν το διάφραγμα λειτουργεί σωστά, στην αρχή της εισπνοής οι μεταβολές της γαστρικής πίεσης θα είναι θετικές, ενώ της οισοφαγικής αρνητικές.
 1. Στα διασωληνωμένα άτομα με αυθόρμητη αναπνοή είναι σκόπιμο να πραγματοποιείται μια δοκιμή έμφραξης των αεραγωγών (εισπνευστική προσπάθεια με έμφραξη αεραγωγών), προκειμένου να διαπιστωθεί ότι οι μεταβολές της οισοφαγικής πίεσης μεταβάλλονται ανάλογα με την πίεση των αεραγωγών κατά την εισπνευστική προσπάθεια.
 2. Στα άτομα με μη επεμβατικό αερισμό η οισοφαγική πίεση θα είναι πάντα αρνητική στην αρχή της εισπνοής.
 3. Ο καθετήρας NutriVent™ διαθέτει δύο 2 ακτιονοσκοικούς marker στο τέλος του οισοφαγικού μπαλονιού και στην αρχή του γαστρικού, οι οποίοι αναγνωρίζονται εύκολα με μια απλή ακτινογραφία θώρακος. Τα δύο marker πρέπει να βρίσκονται στο τέλος του οισοφάγου και στο στόμαχο.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι μετρήσεις που εμφανίζονται στην οθόνη χρησιμοποιώντας τον καθετήρα NutriVent™ εκφράζονται σε χιλιοστά υδραργύρου: για να μετατραπούν σε εκατοστά νερού, οι τιμές πρέπει να πολλαπλασιαστούν με το συντελεστή 1,36. Για παράδειγμα, 12 mmHg ισούνται με $(12 \times 1,36) = 16,3 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Μέτρηση της διαπνευμονικής πίεσης

Μηχανικός αερισμός

Κατά το μηχανικό αερισμό, για τη σωστή μέτρηση της Διαπνευμονικής πίεσης (P_L), είναι αναγκαίο ο ασθενής να είναι καλά προετοιμασμένος για το μηχανικό αερισμό, σε κατάλληλη αναστολή και με ενδεχόμενη χορήγηση κουραρίου. Ο τρόπος αερισμού δεν έχει σημασία.

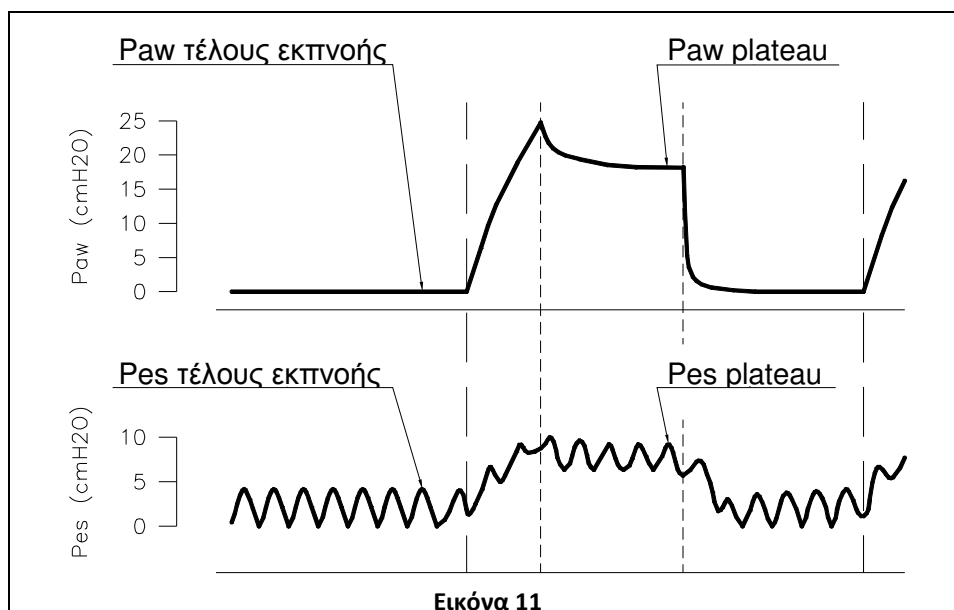
Μετά την τοποθέτηση του καθετήρα NutriVent™ εκτελέστε μια παύση τέλους εκπνοής και εν συνεχεία μια παύση τέλους εισπνοής. Με αυτόν τρόπο διακόπτονται τόσο η ροή εκπνοής όσο και η ροή εισπνοής και οι πιέσεις που θα

αναπτυχθούν εντός του αναπνευστικού συστήματος θα αντιπροσωπεύουν μόνο τις ελαστικές ιδιότητες που είναι υπεύθυνες για ενδεχόμενη πνευμονική βλάβη. Σε περίπτωση αδυναμίας πραγματοποίησης των παύσεων (για παράδειγμα, με αναπνευστήρες που δεν διαθέτουν αυτή τη λειτουργία), μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές πίεσης τόσο των αεραγωγών όσο και του οισοφάγου που καταγράφονται στο τέλος της εκπνοής και της εισπνοής. Στην **Εικόνα 11** παρουσιάζεται ένα παράδειγμα καμπύλης της πίεσης των αεραγωγών και της οισοφαγικής πίεσης σε παύση τέλους εκπνοής και εισπνοής. Στην **Εικόνα 12** παρουσιάζεται ένα παράδειγμα καμπύλης χωρίς παύσεις.

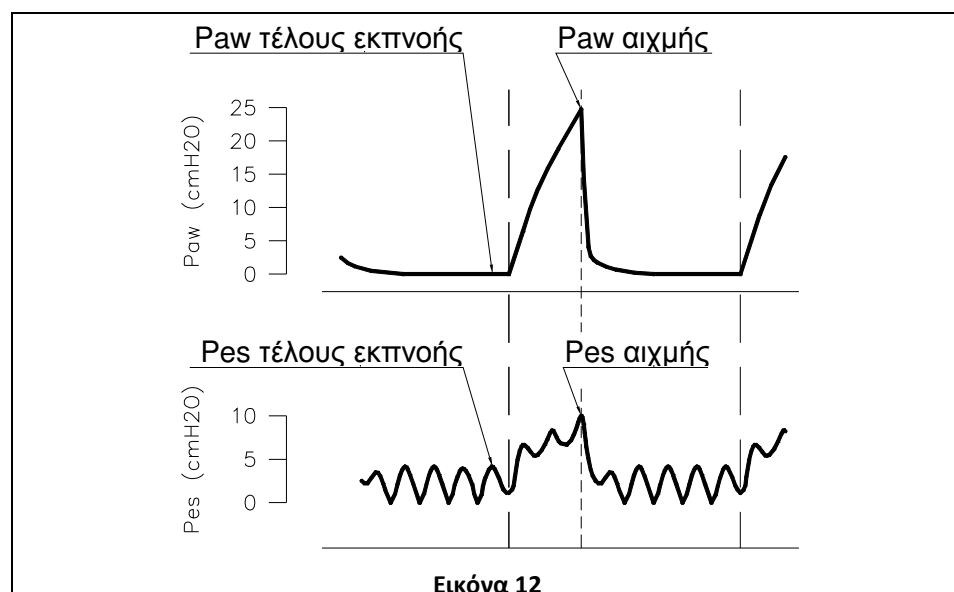
Η πίεση των αεραγωγών στο τέλος εκπνοής εμφανίζεται απευθείας στην οθόνη ή στον πίνακα του αναπνευστήρα ως η πίεση που αναπτύσσεται στο τέλος της εκπνοής, η οποία συνήθως είναι ίση με την επιλεγμένη PEEP, εάν δεν υπάρχει αυτόματη PEEP, ή μεγαλύτερη από την επιλεγμένη PEEP στον αναπνευστήρα, σε περίπτωση αυτόματης PEEP.

Η πίεση των αεραγωγών στο τέλος της εισπνοής εμφανίζεται ως η πίεση που αναπτύσσεται κατά την παύση (P_{aw} plateau, **Εικόνα 11**) ή ως η πίεση που αναπτύσσεται στο τέλος της εισπνοής (P_{aw} αιχμής, **Εικόνα 12**).

Αντιστοίχως, η οισοφαγική πίεση εμφανίζεται στην οθόνη ή στον αναπνευστήρα ως η πίεση που αναπτύσσεται στο τέλος της εκπνοής, ενώ η πίεση τέλους εισπνοής εμφανίζεται ως η πίεση που αναπτύσσεται κατά την παύση (P_{es} plateau, **Εικόνα 11**) ή ως η πίεση που αναπτύσσεται στο τέλος της εισπνοής (P_{es} αιχμής, **Εικόνα 12**).



Εικόνα 11



Εικόνα 12

Υπόμνημα: P_{aw} = Πίεση αεραγωγών. P_{es} = Οισοφαγική πίεση

Γνωρίζοντας την Πίεση των αεραγωγών (P_{aw}) και την Οισοφαγική πίεση (P_{es}), υπολογίζουμε τη μεταβολή της Διαπνευμονικής πίεσης (ΔP_L) με τον ακόλουθο τύπο:

$$\Delta P_L = (P_{aw} \text{ τέλους εισπνοής} - P_{aw} \text{ τέλους εκπνοής}) - (P_{es} \text{ τέλους εισπνοής} - P_{es} \text{ τέλους εκπνοής})$$

Για την ακριβή μέτρηση της *Πίεσης αεραγωγών* και της *Οισοφαγικής πίεσης* θα πρέπει η παύση τέλους εισπνοής και εκπνοής να έχει διάρκεια 2-4 δευτερολέπτων.

⚠ Σε περίπτωση πλασματικών μετρήσεων στην καμπύλη της οισοφαγικής πίεσης, για παράδειγμα σπασμών, η μέτρηση πρέπει να επαναληφθεί.

Μέτρηση της ευενδοτότητας / διατασιμότητας του αναπνευστικού συστήματος, του πνεύμονα και του θώρακα

Για τη μέτρηση της ευενδοτότητας / διατασιμότητας είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε την *Οισοφαγική πίεση*, την *Πίεση αεραγωγών* και τον *Αναπνεόμενο όγκο*. Η πίεση των αεραγωγών και του οισοφάγου μετρούνται όπως η διαπνευμονική πίεση (κεφάλαιο Μέτρηση της διαπνευμονικής πίεσης). Για την ακριβή μέτρηση της *Πίεσης αεραγωγών* και της *Οισοφαγικής πίεσης* θα πρέπει η παύση τέλους εισπνοής και εκπνοής να έχει διάρκεια 2-4 δευτερολέπτων. Ωστόσο, η μέτρηση της ευενδοτότητας / διατασιμότητας είναι δυνατή και όταν απουσιάζουν οι παύσεις τέλους εισπνοής και εκπνοής.

⚠ Σε περίπτωση πλασματικών μετρήσεων στην καμπύλη της οισοφαγικής πίεσης, για παράδειγμα σπασμών, η μέτρηση πρέπει να επαναληφθεί.

Η ευενδοτότητα / διατασιμότητα του αναπνευστικού συστήματος, του πνεύμονα και του θώρακα υπολογίζονται με τους ακόλουθους τύπους:

Ευενδοτότητα

| | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Αναπνευστικό σύστημα (Respiratory system) | $C_{RS} = \frac{\text{αναπνεόμενος όγκος}}{P_{aw} \text{ τέλους εισπνοής} - P_{aw} \text{ τέλους εκπνοής}}$ |
| Πνευμονική (Lung) | $C_L = \frac{\text{αναπνεόμενος όγκος}}{(P_{aw} \text{ τέλους εισπν.} - P_{aw} \text{ τέλους εκπν.}) - (P_{es} \text{ τέλους εισπν.} - P_{es} \text{ τέλους εκπν.})}$ |
| Θωρακική (Chest wall) | $C_{CW} = \frac{\text{αναπνεόμενος όγκος}}{P_{es} \text{ τέλους εισπνοής} - P_{es} \text{ τέλους εκπνοής}}$ |

Διατασιμότητα

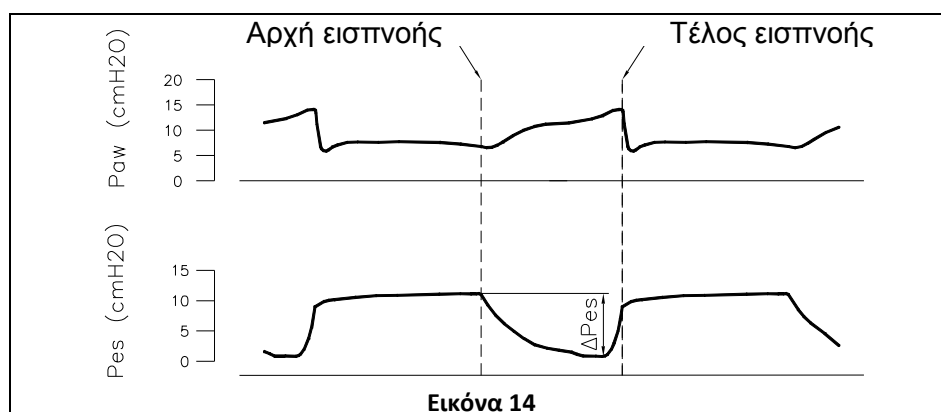
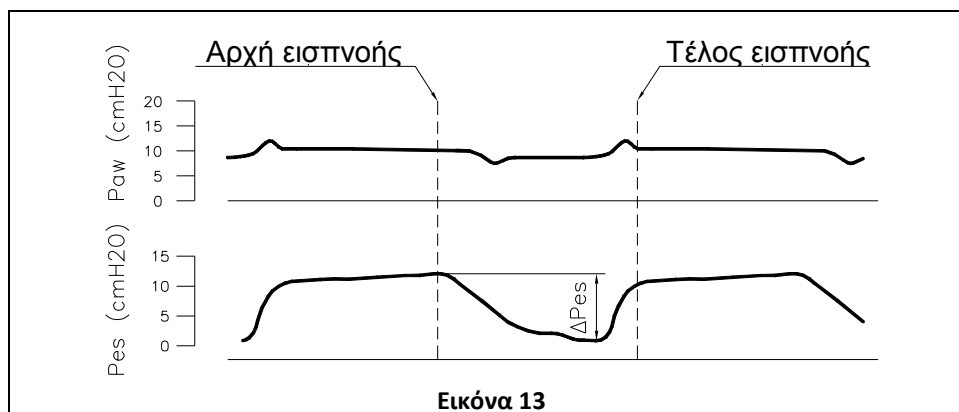
| | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Αναπνευστικό σύστημα (Respiratory system) | $E_{RS} = \frac{P_{aw} \text{ τέλους εισπνοής} - P_{aw} \text{ τέλους εκπνοής}}{\text{αναπνεόμενος όγκος}}$ |
| Πνευμονική (Lung) | $E_L = \frac{(P_{aw} \text{ τέλους εισπν.} - P_{aw} \text{ τέλους εκπν.}) - (P_{es} \text{ τέλους εισπν.} - P_{es} \text{ τέλους εκπν.})}{\text{αναπνεόμενος όγκος}}$ |
| Θωρακική (Chest wall) | $E_{CW} = \frac{P_{es} \text{ τέλους εισπνοής} - P_{es} \text{ τέλους εκπνοής}}{\text{αναπνεόμενος όγκος}}$ |

Υπόμνημα: P_{aw} = Πίεση αεραγωγών. P_{es} = Οισοφαγική πίεση.

Μέτρηση της εισπνευστικής προσπάθειας

Αφού τοποθετηθεί ο καθετήρας NutriVent™ και συνδεθεί η γραμμή μέτρησης της *Οισοφαγικής πίεσης* με την οθόνη ή τον αναπνευστήρα, μετρώνται οι μέγιστες μεταβολές της *Οισοφαγικής πίεσης* (ΔP_{es}) από την αρχή της εισπνοής έως τη μέγιστη διαδρομή της.

Στην **Εικόνα 13** παρουσιάζεται η περίπτωση αερισμού σε συσκευή συνεχούς θετικής πίεσης των αεραγωγών (CPAP), ενώ στην **Εικόνα 14** η περίπτωση υποβοηθούμενου αερισμού.

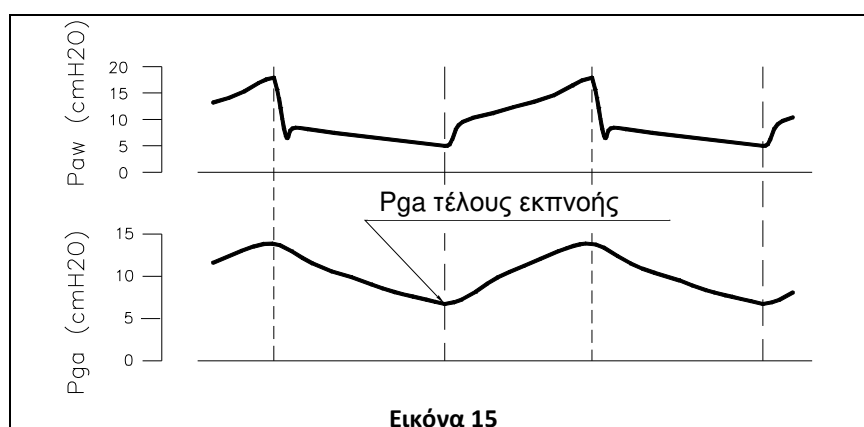


⚠ Σε περίπτωση πλασματικών μετρήσεων στην καμπύλη της οισοφαγικής πίεσης, για παράδειγμα σπασμών, η μέτρηση πρέπει να επαναληφθεί.

Μέτρηση της γαστρικής πίεσης (μοντέλο με δύο μπαλόνια)

Μετά την τοποθέτηση του καθετήρα NutriVent™ και τη σύνδεση της γραμμής γαστρικής πίεσης με την οθόνη ή τον αναπνευστήρα:

- 1) τοποθετήστε τον ασθενή σε ύπτια θέση.
- 2) ελέγξτε την τιμή της **Γαστρικής πίεσης** (P_{ga}) στη φάση εκπνοής (**Εικόνα 15**).



ΤΙΜΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Πίνακας 1 - Ευενδοτότητα

| C_{RS} [mL/cmH ₂ O] | C_L [mL/cmH ₂ O] | C_{cw} [mL/cmH ₂ O] |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|

| | | | |
|---------------------------------------|-------|---------|---------|
| Υγιή άτομα σε γενική αναισθησία | 70-80 | 110-130 | 180-210 |
| Άτομα με ALI/ARDS | 30-40 | 40-60 | 70-100 |
| Άτομα COPD με αναπνευστική ανεπάρκεια | 50-90 | 100-170 | 150-260 |

Υπόμνημα: C_{RS} = Ευενδοτότητα αναπνευστικού συστήματος. C_L = Πνευμονική ευενδοτότητα. C_{CW} = Θωρακική ευενδοτότητα.
COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease.

Πίνακας 2 - Διατασιμότητα

| | E_{RS} [cmH ₂ O/L] | E_L [cmH ₂ O/L] | E_{CW} [cmH ₂ O/L] |
|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Υγιή άτομα σε γενική αναισθησία | 12-14 | 8-9 | 4-5 |
| Άτομα με ALI/ARDS | 25-37 | 17-24 | 8-13 |
| Άτομα COPD με αναπνευστική ανεπάρκεια | 11-19 | 6-10 | 5-9 |

Υπόμνημα: E_{RS} = Διατασιμότητα αναπνευστικού συστήματος. E_L = Πνευμονική διατασιμότητα. E_{CW} = Θωρακική διατασιμότητα.
COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease.

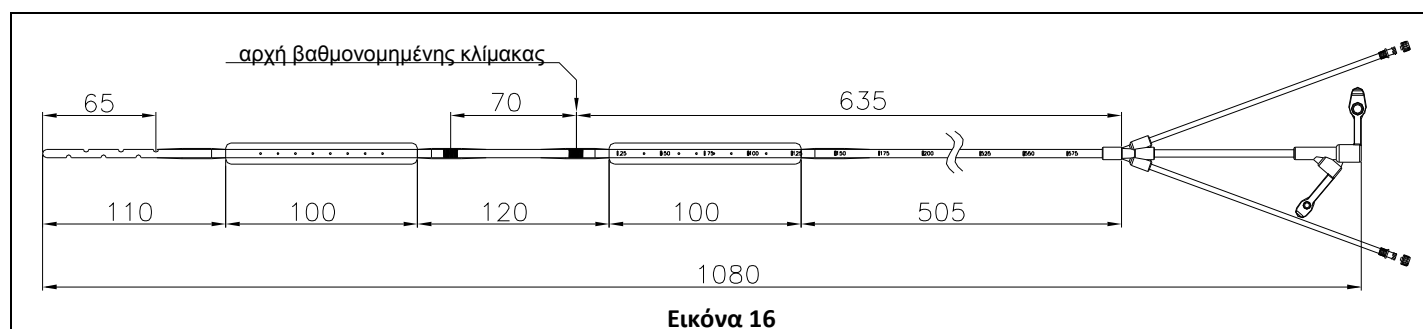
Πίνακας 3 - Κοιλιακή πίεση (μοντέλο με δύο μπαλόνια)

| | Κοιλιακή πίεση | |
|------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
| | [mmHg] | [cmH ₂ O] |
| Φυσιολογική | 4-7 | 5,4-9,5 |
| Κοιλιακή υπέρταση | ≥ 12 | $\geq 16,3$ |
| Σύνδρομο διαμερισμάτων | ≥ 20 | $\geq 27,2$ |
| | Σε συνδυασμό με εμφάνιση νέας οργανικής ανεπάρκειας | |

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

(1) Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza D, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L. "Stress e strain polmonare durante ventilazione meccanica per sindrome da distress respiratorio acuto" Am J Respir Crit Care Med. 2008 Aug 15, 178(4):346-55.

ΚΥΡΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ



Εικόνα 16

ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

Η συσκευή επιτρέπει τη συνεχή μέτρηση και καταγραφή των τιμών της *Γαστρικής* και της *Οισοφαγικής πίεσης*, αλλά δεν επιτρέπει την αυτόματη προσαρμογή του αναπνευστήρα, διαδικασία η οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί οπωσδήποτε από τον ιατρό χειροκίνητα.

ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Η επαναχρησιμοποίηση της συσκευής μπορεί να χειροτερεύσει σοβαρά την υγεία του ασθενούς λόγω πιθανών μικροβιακών μολύνσεων.

ΔΙΑΘΕΣΗ

Η χρησιμοποιημένη συσκευή πρέπει να διατίθεται ως νοσοκομειακό απόβλητο, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ



SIDAM s.r.l

Via Statale Sud, 169

41037 San Giacomo Roncole

MIRANDOLA (MO)

LATEX FREE



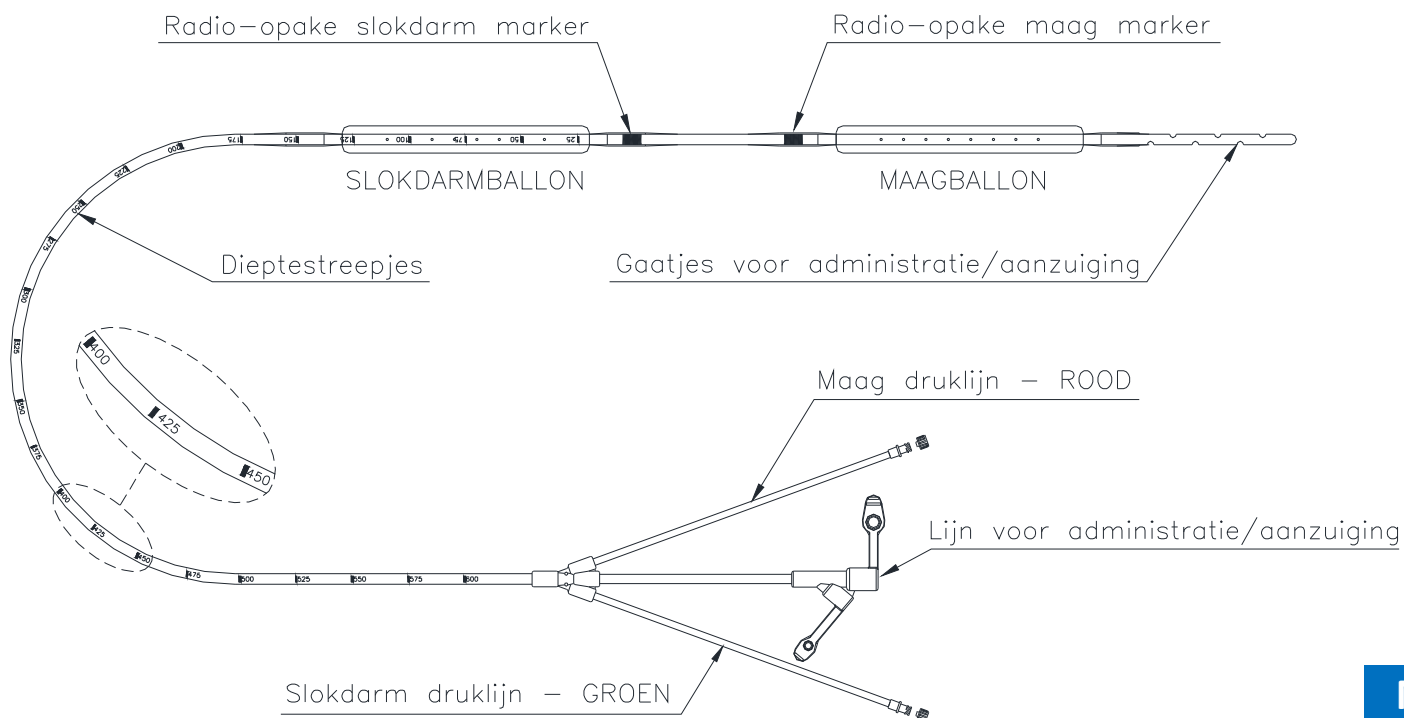
PVC FREE



MULTIFUNCTIONELE NASO-GASTRISCHE SONDE NUTRIVENT™

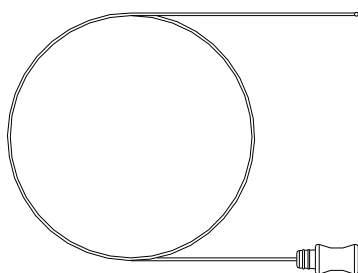
INHOUD VAN DE VERPAKKING

Multifunctionele naso-gastrische sonde NutriVent (zie tekening op pag 85 voor de afmetingen)

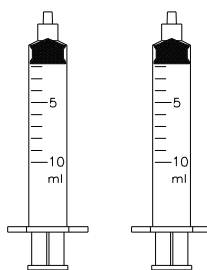


NL

Metalen voerdraad voor het inbrengen

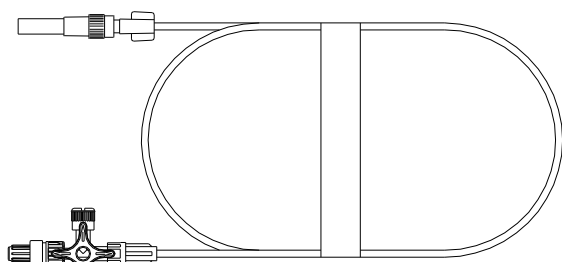


Injectiespuiten (2x)



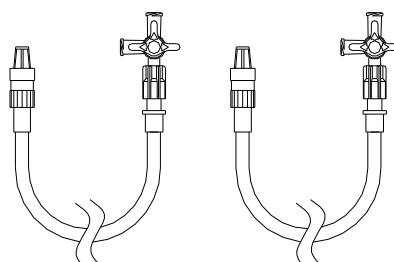
REF 09031009 – REF 09031015

Lijn voor de verbinding met het beademingstoestel (2x)



REF 09031003 – REF 09031006

Lijnen met driewegkraan (2x)



De multifunctionele nasogastrische sonde NutriVent™ is een sonde van polyurethaan voorzien van twee polyethylene ballonnen die dienen om de druk in de slokdarm en de maag op te meten. De NutriVent™ sonde is flexibel, atraumatisch en kan ook gedurende lange periodes gebruikt worden (maximaal 29 dagen). De NutriVent™ sonde kan direct zowel met een monitor verbonden worden als met een mechanisch beademingstoestel (met speciale verbindingsslijn).

INDICATIE

De NutriVent™ sonde wordt gebruikt wanneer het nodig is de druk in de slokdarm en de maag van een volwassen patiënt op te meten/ te monitoren. De druk in de slokdarm en de maag zijn van fundamenteel belang voor een correcte regeling van de ventilatie in een kritieke patiënt.

Bovendien bevat de NutriVent™ sonde alle functies van een normale nasogastrische voedingssonde.

VOORDELEN

- Enkele katheter
- Voortdurende meting en monitoring van de slokdarm- en maagdruk
- Er zijn geen andere installaties nodig en er bestaat geen risico op infecties van de urinewegen

CONTRA-INDICATIES

- Ongecontroleerde coagulopathie
- Ernstige trombocytopenie
- Neustrauma's
- Slokdarmvarices

WAAROM EN WANNEER MOET DE DRUK IN DE SLOKDARM EN IN DE MAAG GEMETEN WORDEN

De slokdarmdruk wordt opgemeten:

- 1) tijdens de mechanische beademing in patiënten met acute respiratoire insufficiëntie (bijvoorbeeld, cardiogeen en niet-cardiogeen longoedeem), om schade die ontstaat aan de longen door mechanische beademing te vermijden (VILI)
- 2) tijdens de niet-invasieve beademing, om de ademhalingsinspanning van een patiënt te bepalen alsmede zijn vermogen om de niet-invasieve beademing zelf te verdragen

Oesophagusdruk en schade die ontstaat aan de longen door het beademingstoestel

Het is algemeen bekend dat 30 cmH₂O *Druk in de luchtwegen* (P_{aw}) afgelezen op de ventilator de limietwaarde vertegenwoordigt voor *schade die ontstaat aan de longen door mechanische beademing* (VILI). De ware oorzaak van schade aan de longen is evenwel de te hoge transpulmonale druk, boven de 15-20 cmH₂O. De *Transpulmonale druk* (P_L) is dat deel van de druk van de luchtwegen dat “verbruikt” wordt om de long uit te rekken, het resterende deel is de *Intrapleurale druk* (P_{pl}), die verbruikt wordt om de borstkas over hetzelfde volume uit te rekken. Gezien een directe meting van de *intrapleurale druk* (P_{pl}) niet mogelijk is, wordt in de praktijk de *Oesophagusdruk* (P_{es}) gebruikt, waarvan bewezen is dat het een goede indicator is.

In formule:

$$\Delta P_{aw} = \Delta P_L + \Delta P_{pl}$$

Deze vergelijking symboliseert de “partitionering van de ademhalingsmechanica”.

Door de Oesophagusdruk te meten, kunnen we dus de transpulmonale druk berekenen ($\Delta P_L = \Delta P_{aw} - \Delta P_{es}$).

Er is aangetoond dat de druk van de luchtwegen een ongeschikt surrogaat is voor de transpulmonale druk⁽¹⁾: met dezelfde druk van de luchtwegen van 30 cmH₂O kunnen dan ook zeer lage transpulmonale drukwaarden overeenkomen en dit komt door de variabele elasticiteit van de borstkas.

De volgende gevallen worden in beschouwing genomen:

Geval 1: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ en $\Delta P_L = 7 \text{ cmH}_2\text{O}$

In deze situatie wordt er 23 cmH₂O druk gebruikt om de borstkas uit te rekken en slechts 7 cmH₂O om de long uit te rekken. Deze transpulmonale druk kan onvoldoende zijn voor een adequate gaswisseling.

Geval 2: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ en $\Delta P_L = 28 \text{ cmH}_2\text{O}$

In deze situatie wordt er slechts 2 cmH₂O druk gebruikt om de borstkas uit te rekken en 28 cmH₂O om de long uit te rekken. Deze transpulmonale druk ligt in de buurt van de druk die geregistreerd wordt bij de maximale inademiingscapaciteit van de long en veroorzaakt stellig onherstelbare schade aan de longen.

Zowel in **Geval 1** als in **Geval 2** leest de arts een druk van de luchtwegen af van 30 cmH₂O en dus is de Oesophagusdruk nodig om onderscheid te kunnen maken tussen de twee gevallen en de mechanische beademing te kunnen aanpassen. In het eerste geval brengt het feit de 30 cmH₂O in de luchtwegen te overschrijden om voor een passende ventilatie te kunnen garanderen geen extra risico's met zich mee, daar de transpulmonale druk binnen de veiligheidslimieten blijft, terwijl in het tweede geval het ademvolume of de PEEP verlaagd zouden moeten worden om de transpulmonale druk weer binnen de veiligheidslimieten te brengen (onder de 15-20 cmH₂O).

Oesophagusdruk en compliance/elastantie

De *Compliance* (C) en zijn tegenovergestelde *Elastantie* (E), zijn maten van de uitrekbaarheid van een mechanische structuur en zijn uiterst nuttig bij de karakterisering van een patiënt met acute respiratoire insufficiëntie.

$$Compliance = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$Elastantie = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

Bij acute respiratoire insufficiëntie is de compliance nauw verbonden met de hoeveelheid nog ventileerbare long. In een normale volwassene is de compliance ongeveer 100 mL/cmH₂O: een compliance van 50 mL/cmH₂O betekent dat nog maar slechts 50% van de oorspronkelijke long nog beschikbaar is voor de ventilatie (het resterende deel is gecollabeerd of geconsolideerd); een compliance van 20 mL/cmH₂O betekent dat slechts 20% van de oorspronkelijke long nog beschikbaar is voor de ventilatie, enz. De compliance geeft ons dus een idee van de afmetingen van het deel van de long dat beschikbaar is voor de ventilatie (baby lung). Als na long recruteer manoeuvres de afmetingen van de long die voor de ventilatie beschikbaar is toenemen, dan neemt uiteraard ook de compliance toe.

In een volwassen patiënt, bij compliance waarden tussen 40-50 mL/cmH₂O is de ventilatie met laag ademvolume met PEEP waarschijnlijk nog binnen de veiligheidslimieten, terwijl onder de 30 mL/cmH₂O er zeker risico bestaat voor schade aan de longen door mechanische beademing.

Om dit risico beter te karakteriseren kunt u het beste de componenten van het ademhalingsstelsel in beschouwing nemen (long en borstkas) en het begrip elastantie gebruiken.

De elastantie van het ademhalingsstelsel is de benodigde druk om zowel de long als de borstkas 1 liter uit te rekken, de longelastantie is de benodigde druk om alleen de long uit te rekken, terwijl de borstkaselastantie de intrapleurale druk is die nodig is om alleen de borstkas uit te rekken. De elastantie van het ademhalingsstelsel is dus de som van de elastantie van de long en van de borstkas.

Bij een gezonde patiënt met spontane ademhaling zijn de elastantie van de borstkas en van de long hetzelfde. In dezelfde patiënt, maar dan op de rug liggend en verdoofd, zijn de elastantie van de borstkas en van de long niet meer hetzelfde (zie Tabel 1), maar wordt hun verhouding gemiddeld 2 op 1, en dus is de benodigde druk om de long uit te rekken ongeveer het dubbele ten opzichte van die voor de borstkas. Dit gegeven is evenwel een gemiddelde

waarde en helaas is de verhouding tussen de elastantie van de long en van de borstkas onderhevig aan een zeer grote variabiliteit zowel in gezonde als zieke personen.

De compliance / elastantie meting van de long is dus van fundamenteel belang voor een correcte klinische verzorging van de patiënt.

Oesophagusdruk en niet-invasieve beademing

Tijdens de niet-invasieve beademing is de monitoring beperkt tot het controleren van de *Druk van de luchtwegen* (P_{aw}) en de ademhalingsfrequentie, geen nauwkeurige meting van het *Ademvolume* dat daadwerkelijk de patiënt ventileert (bijvoorbeeld veroorzaakt door mogelijke lekken en/of hoge compliance van het masker of de helm).

De berekening van de oesophagusdruk door het meten van de oesophagusdruk maakt het mogelijk de efficiëntie van de niet-invasieve beademing te schatten en de mogelijke risico's van ademhalingsvermoeidheid.

In gezonde personen oscilleert de oesophagusdruk tijdens de normale beademing tussen de -2 en -5 cmH₂O tijdens het inademen.

Als dus de oesophagusdruk bijvoorbeeld tussen de -2 en -8 cmH₂O oscilleert en de ademhalingsfrequentie lager is dan 25 per minuut, dan kunnen we vaststellen dat de patiënt de niet-invasieve beademing goed verdraagt. Als daarentegen de oesophagusdruk de -10 cmH₂O overschrijdt, dan weten we dat de inspanning van de patiënt erg groot is en het niet lang kan volhouden. Het controleren van de druk in de luchtwegen is dus niet voldoende voor een correcte klinische verzorging van de patiënt.

Maagdruk (model met twee ballonnen)

De abdominale druk is onder normale omstandigheden, als de buikspieren normaal ontspannen zijn en de ingewanden normale afmetingen hebben, in eerste orde gelijk aan de druk die verkregen zou worden als de buik vol water zou zijn. Onder deze omstandigheden wordt de druk die op een willekeurig punt van de buik in ventro-dorsale richting wordt uitgeoefend bepaald door de hoogte van de waterkolom erboven vermenigvuldigd met de dichtheid van de vloeistof, die voor het water gelijk is aan 1.

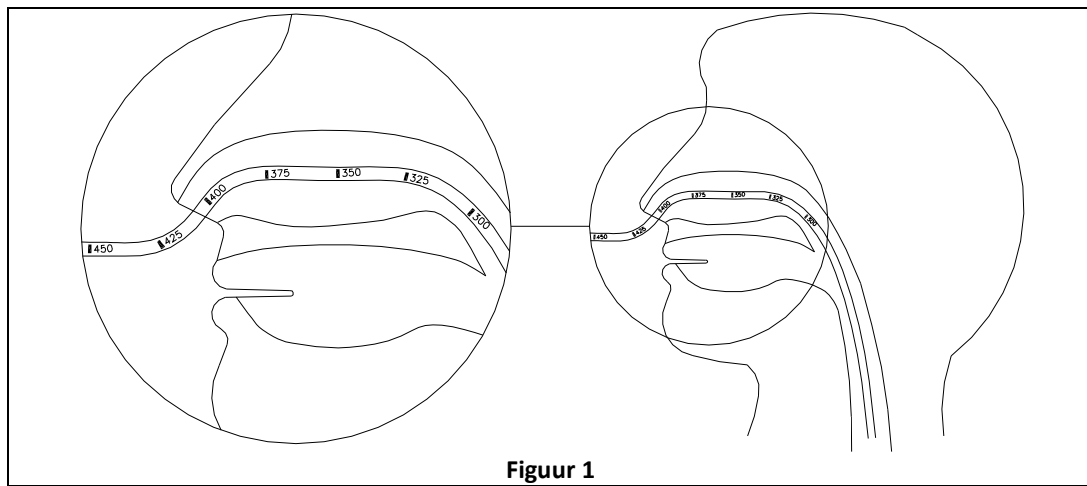
Als bijvoorbeeld de buikwand stijver wordt en/of het volume van de ingewanden toeneemt, dan neemt de abdominale druk toe en wijzigen alle structuren die aan deze druk onderhevig zijn hun status. Het diafragma verplaatst zich in craniale richting, de longvolumes zullen kleiner zijn, de doorbloeding van de ingewanden neemt af en daardoor worden de gastro-intestinale, lever- en nierfuncties beïnvloed.

In de klinische praktijk kan de abdominale druk geschat worden door de maagdruk of de blaasdruk te meten. Door het meten van de maagdruk kan de abdominale druk worden gemeten zonder het risico op infectie van de urinewegen dat aanwezig is als de blaasdruk gebruikt wordt en in alle gevallen waarin de blaasdruk niet gebruikt kan worden of afgeraden is (geen urinekatheter aanwezig, trauma van het grote bekken).

GEBRUIKSAANWIZJING

Inbrengen van de NutriVent™ multifunctionele nasogastrische sonde

- 1) Laat de patiënt op de rug liggen of in halfzittende positie.
- 2) Verdoof de neusholte en de mond met 4% lidocaïne spray.
- 3) Smeer de metalen voerdraad overvloedig in met glijmiddel en steek hem in de NutriVent™ sonde tot aan het distale uiteinde.
- 4) Smeer de NutriVent™ sonde over zijn gehele lengte overvloedig in met glijmiddel.
- 5) Steek de NutriVent™ sonde door het neusgat in de neusholte en verder in de slokdarm en in de maag tot aan een diepte van 40-42 cm (**Figuur 1**).
 - ⚠ **Als de patiënt bij bewustzijn is, vraag hem dan te slikken tijdens het inbrengen van de NutriVent™ sonde om de vooruitgang ervan te bevorderen.**
 - ⚠ **Controleer tijdens het inbrengen of de NutriVent™ sonde niet in de mondholte oprolt.**

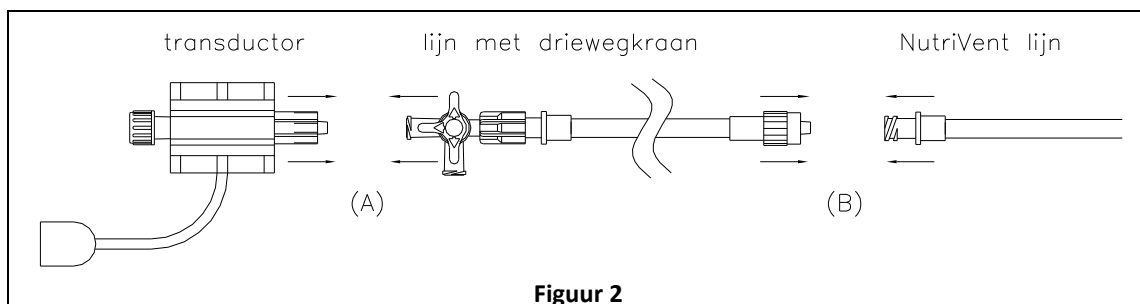


Figuur 1

- 6) Trek voorzichtig de metalen voerdraad eruit.
- 7) Bevestig de NutriVent™ sonde met een pleister aan de neus.

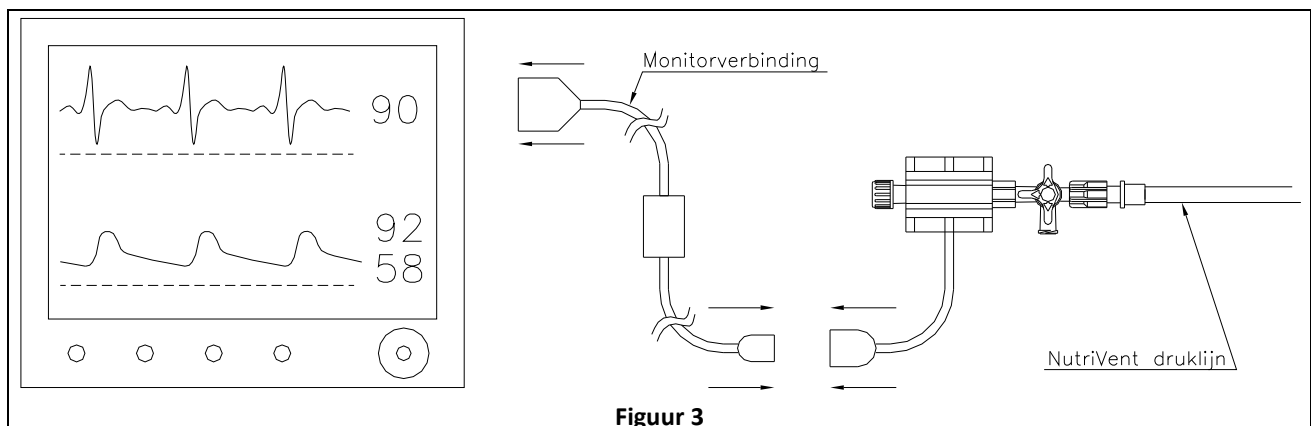
Verbinding met de monitor en ijken

- 1) Verbind de druklijn die u af wilt lezen (slokdarm of maag) met één van de twee lijnen met driewegkraan (**Figuur 2(B)**) en verbind de driewegkraan met een druktransducer voorzien van luer-lock (**Figuur 2(A)**).



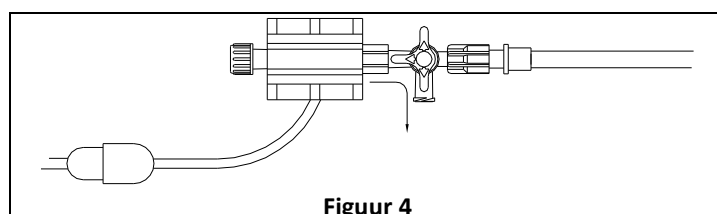
Figuur 2

- 2) Verbind de druktransducer door middel van de speciale kabel met de monitor (**Figuur 3**).



Figuur 3

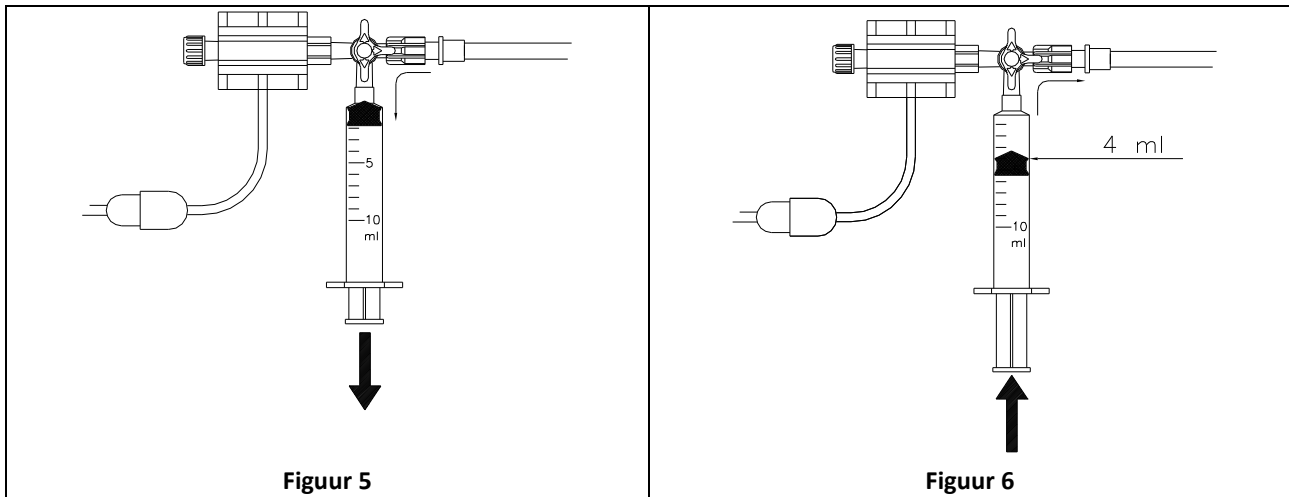
- 3) Laat lucht in de druktransducer lopen door aan de driewegkraan te draaien en voer de resetprocedure op de monitor uit (**Figuur 4**).



Figuur 4

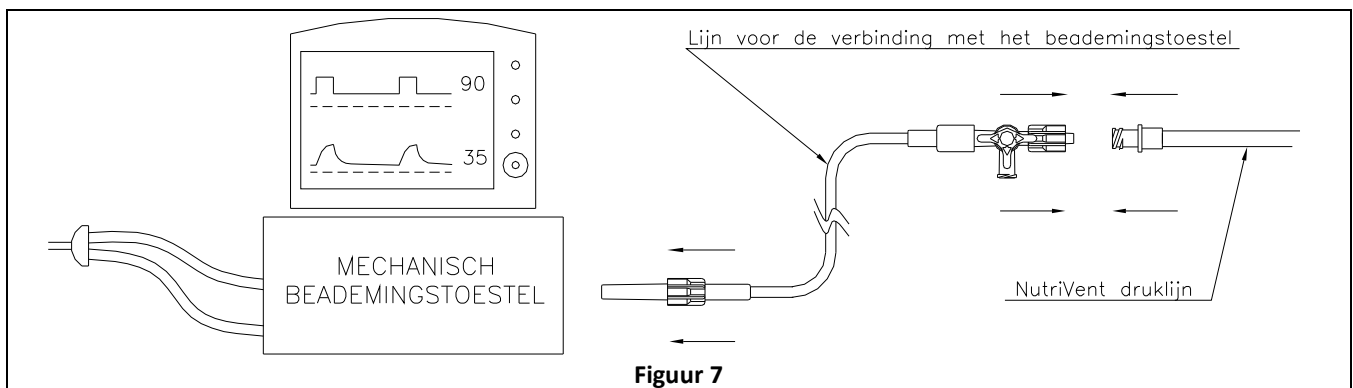
- 4) Zuig met de bijgeleverde injectienaald alle lucht uit de ballon (**Figuur 5**) en blaas er dan een volume lucht in van 4 mL (**Figuur 6**); sluit daarna de driewegkraan en breng de druktransducer in verbinding met de te meten druklijn.

⚠ **Voor een nauwkeurige aflezing moet de procedure van punt 4) herhaald worden als er langer dan een uur verstreken is na de laatste meting.**



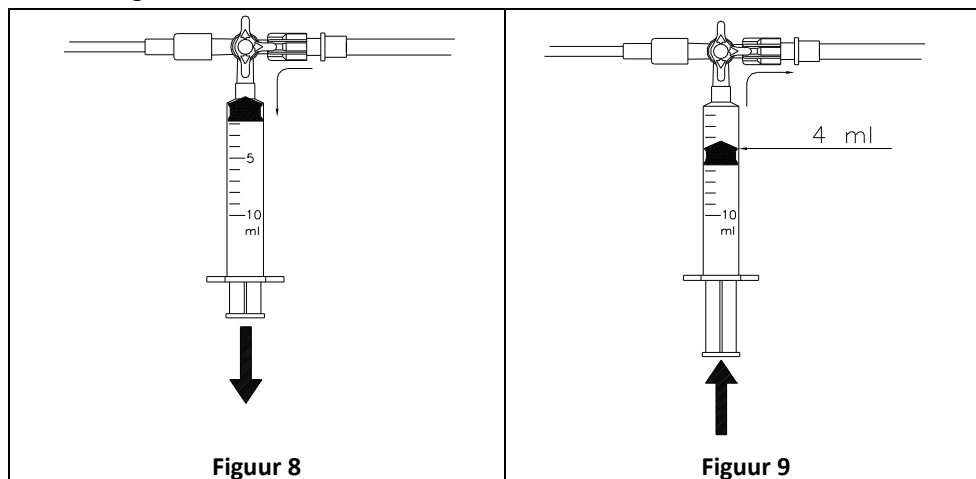
Verbinding met de secundaire input van het beademingstoestel

- 1) Verbind de druklijn die u wilt aflezen (slokdarm of maag) met de secundaire input van het mechanische beademingstoestel door middel van de daarvoor bestemde verbindingslijn (**Figuur 7**).



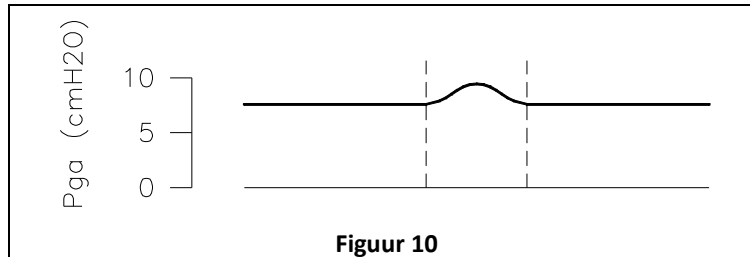
- 2) Zuig met de bijgeleverde injectienaald alle lucht uit de ballon (**Figuur 8**) en blaas er dan een volume lucht in van 4 mL (**Figuur 9**); sluit daarna de driewegkraan en breng het beademingstoestel in verbinding met de ballon.

⚠ **Voor een nauwkeurige aflezing moet de procedure van punt 2) herhaald worden als er langer dan een uur verstreken is na de laatste meting.**



Controle van de juiste plaatsing van de maagballon (model met twee ballonnen)

- 1) Druk op de buik op de plaats van het epigastrium en controleer of er een tijdelijke verhoging van de maagdruk optreedt (**Figuur 10**).



Controle van de juiste plaatsing van de slokdarmballon

- 1) In patiënten zonder spontane ademhalingsactiviteit zijn de variaties in de slokdarm- en maagdruk altijd positief gedurende de hele ademhalingscyclus, in patiënten met spontane ademhalingsactiviteit daarentegen zijn, als het diafragma correct functioneert, aan het begin van de inademing de variaties van de maagdruk positief terwijl die van de slokdarm negatief zijn.
 - a. In geïntubeerde patiënten met spontane ademhalingsactiviteit is het nuttig een verstoppingstest van de luchtwegen te verrichten (ademhalingsinspanning bij verstopte luchtwegen) om na te gaan of de variaties in de druk van de slokdarm variëren in overeenstemming met de druk van de luchtwegen tijdens een inademingsinspanning.
 - b. In patiënten onderhevig aan niet-invasieve beademing zal de slokdarmdruk altijd negatief blijken aan het begin van de inademing.
 - c. De NutriVent™ sonde bevat 2 radio-opake markers aan het einde van de slokdarmballon en aan het begin van de maagballon die op een normale röntgenfoto van de borstkas makkelijk te zien zijn. De twee markers moeten zich aan het einde van de slokdarm en in de maag bevinden.

METINGEN

De metingen die op de monitor worden afgelezen bij het gebruik van de NutriVent™ sonde, zijn uitgedrukt in millimeters kwikdruk: om ze in centimeter waterdruk uit te drukken moeten de afgelezen waarden vermenigvuldigd worden met een schaalfactor gelijk aan 1,36. Bijvoorbeeld, 12 mmHg is gelijk aan $(12 \times 1,36) = 16,3 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Meting van de transpulmonale druk

Mechanische beademing

Tijdens de mechanische beademing moet, voor een correcte meting van de *Transpulmonale druk* (P_L), de patiënt goed aan de mechanische beademing zijn aangepast, naar behoren verdoofd zijn en eventueel gecurariseerd. De beademingsmethode is niet van belang.

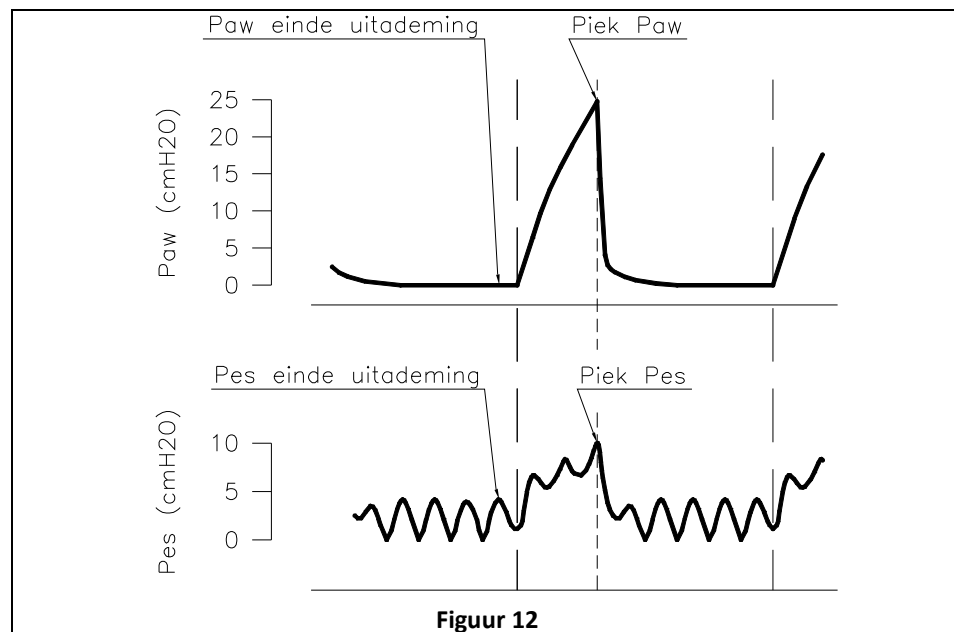
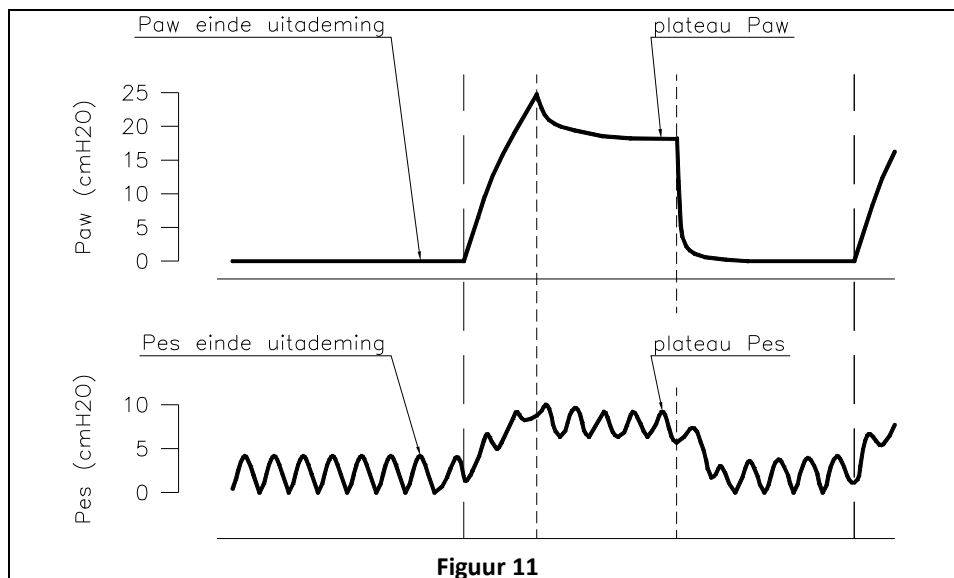
Na de NutriVent™ sonde geplaatst te hebben een einde uitademingspauze uitvoeren gevolgd door een einde inademingspauze. Op deze manier zijn zowel de uitademstroom als de inademstroom afwezig en geven de drukwaarden die zich in het ademhalingsstelsel ontwikkelen alleen de elastische eigenschappen weer, die de oorzaak zijn van eventuele schade aan de longen. Als het niet mogelijk is de pauzes uit te voeren (bijvoorbeeld met beademingstoestellen die niet van deze functie voorzien zijn), kunnen evenwel de drukwaarden van de luchtwegen en van de slokdarm gebruikt worden die afgelezen worden aan het einde van de uitademing en aan het einde van de inademing.

In **Figuur 11** wordt een voorbeeld weergegeven van de grafiek van de drukwaarden van de luchtwegen en van de slokdarm tijdens een einde uitademingspauze en einde inademingspauze; in **Figuur 12** wordt een voorbeeld weergegeven van de drukwaarden zonder pauzes.

De druk van de luchtwegen aan het einde van de uitademing wordt direct op de monitor afgelezen of op het paneel van het beademingstoestel als de druk die aan het einde van de uitademing ontwikkeld wordt, die gewoonlijk gelijk is aan de ingestelde PEEP, als er geen auto PEEP is, of hoger dan de op het beademingstoestel ingestelde PEEP, in geval van auto PEEP.

De druk van de luchtwegen aan het einde van de inademing wordt afgelezen als de druk die ontwikkeld wordt tijdens de pauze (Plateau P_{aw} , **Figuur 11**) of als de druk die ontwikkeld wordt aan het einde van de inademing (Piek P_{aw} , **Figuur 12**).

Op dezelfde manier wordt de slokdarmdruk op de monitor of op het beademingstoestel afgelezen als de druk die aan het einde van de uitademing ontwikkeld wordt, terwijl de druk aan het einde van de inademing afgelezen wordt als de druk die zich ontwikkelt tijdens de pauze (Plateau P_{es} , **Figuur 11**) of als de druk die zich ontwikkelt aan het einde van de inademing (Piek P_{es} , **Figuur 12**).



Legenda: P_{aw} = Druk van de luchtwegen; P_{es} = Oesophagusdruk

Als de *Druk van de luchtwegen* (P_{aw}) en de *Oesophagusdruk* (P_{es}) bekend zijn, de variatie van de *Transpulmonale druk* (ΔP_L) berekenen met behulp van de volgende formule:

$$\Delta P_L = (P_{aw} \text{ einde inademing} - P_{aw} \text{ einde uitademing}) - (P_{es} \text{ einde inademing} - P_{es} \text{ einde uitademing})$$

Voor een nauwkeurige meting van de *Druk van de luchtwegen* en van de *Oesophagusdruk* moet de pauze aan het einde van de inademing en uitademing 2-4 seconden duren.

⚠ In geval van artefacten in de grafiek van de oesophagusdruk, bijvoorbeeld spasma's, moet de meting herhaald worden.

Meting van de compliance / elastantie van het ademhalingsstelsel, van de long en van de borstkas

Om de meting van de compliance / elastantie te verkrijgen moeten de *Oesophagusdruk*, de *Druk van de luchtwegen* en het *Ademvolume* bekend zijn. De druk van de luchtwegen en van de slokdarm worden net zo gemeten als in het

geval van de meting van de transpulmonale druk (hoofdstuk Meting van de transpulmonale druk). Voor een nauwkeurige meting van de *Druk van de luchtwegen* en van de *Oesophagusdruk* moet de pauze aan het einde van de inademing en uitademing 2-4 seconden duren. Als er geen pauze aan het einde van de uitademing en de inademing is kan altijd de compliance / elastantie berekend worden.

⚠ In geval van artefacten in de grafiek van de oesophagusdruk, bijvoorbeeld spasma's, moet de meting herhaald worden. De compliance / elastantie van het ademhalingsstelsel, van de long en van de borstkas worden met de volgende formules berekend:

Compliance

| | |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ademhalingsstelsel (Respiratory system) | $C_{RS} = \frac{\text{ademvolume}}{P_{aw} \text{ einde inademing} - P_{aw} \text{ einde uitademing}}$ |
| Long (Lung) | $C_L = \frac{\text{ademvolume}}{(P_{aw} \text{ einde inademing} - P_{aw} \text{ einde uitademing}) - (P_{es} \text{ einde inademing} - P_{es} \text{ einde uitademing})}$ |
| Borstkas (Chest wall) | $C_{CW} = \frac{\text{ademvolume}}{P_{es} \text{ einde inademing} - P_{es} \text{ einde uitademing}}$ |

Elastantie

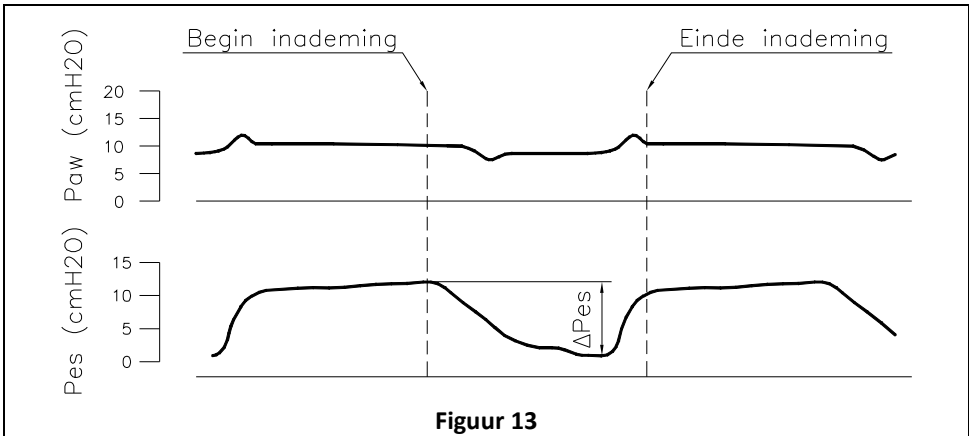
| | |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ademhalingsstelsel (Respiratory system) | $E_{RS} = \frac{P_{aw} \text{ einde inademing} - P_{aw} \text{ einde uitademing}}{\text{ademvolume}}$ |
| Long (Lung) | $E_L = \frac{(P_{aw} \text{ einde inademing} - P_{aw} \text{ einde uitademing}) - (P_{es} \text{ einde inademing} - P_{es} \text{ einde uitademing})}{\text{ademvolume}}$ |
| Borstkas (Chest wall) | $E_{CW} = \frac{P_{es} \text{ einde inademing} - P_{es} \text{ einde uitademing}}{\text{ademvolume}}$ |

Legenda: P_{aw} = Druk van de luchtwegen; P_{es} = Oesophagusdruk.

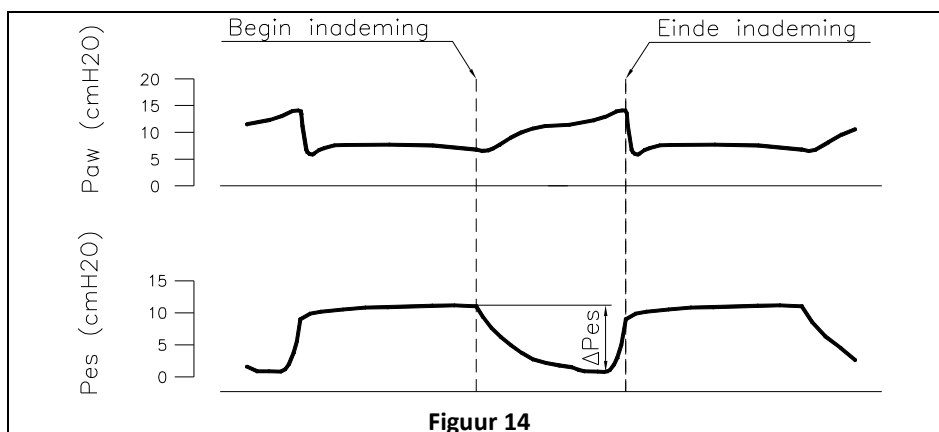
Meting van de inademingsinspanning

Na de NutriVent™ sonde ingebracht te hebben en de lijn van de *Oesophagusdruk* op de monitor of op het beademingstoestel in aflezing gebracht te hebben worden de maximale variaties van de *Oesophagusdruk* (ΔP_{es}) gemeten van het begin van de inademing tot zijn maximale uitwijking.

In **Figuur 13** wordt het geval van CPAP beademing weergegeven, terwijl in **Figuur 14** het geval van geassisteerde beademing.



Figuur 13



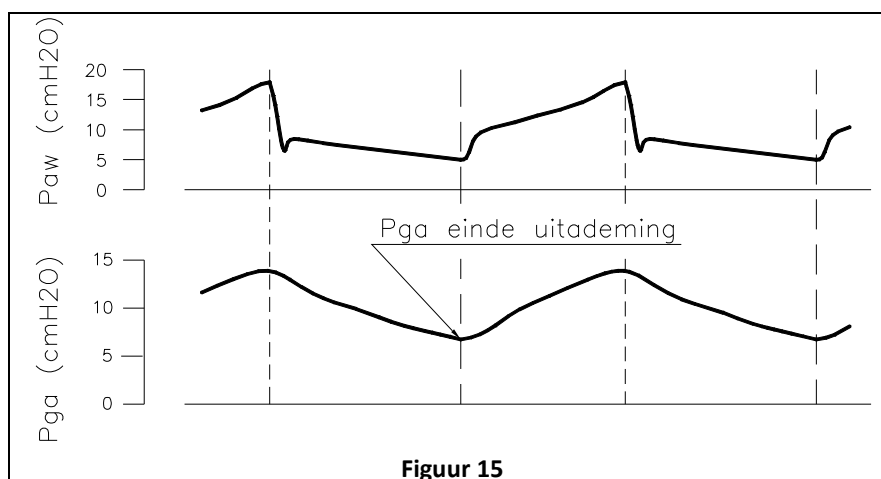
Figuur 14

⚠ In geval van artefacten in de grafiek van de oesophagusdruk, bijvoorbeeld spasma's, moet de meting herhaald worden.

Meting van de maagdruk (model met twee ballonnen)

Na de NutriVent™ sonde geplaatst te hebben en de maagdruklijn met de monitor of met het beademingstoestel verbonden te hebben:

- 1) de patiënt op zijn rug leggen;
- 2) de waarde van de *Maagdruk* (P_{ga}) aflezen tijdens de uitademingsfase (Figuur 15).



Figuur 15

VERWIJZINGSWAARDEN

Tabel 1 - Compliance

| | C_{RS} [mL/cmH ₂ O] | C_L [mL/cmH ₂ O] | C_{CW} [mL/cmH ₂ O] |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Gezonde mensen onder algehele narcose | 70-80 | 110-130 | 180-210 |
| Patiënten met ALI/ARDS | 30-40 | 40-60 | 70-100 |
| COPD patiënten met respiratoire insufficiëntie | 50-90 | 100-170 | 150-260 |

Legenda: C_{RS} = Compliance ademhalingsstelsel; C_L = Long compliance; C_{CW} = Borstkas compliance;
COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease;

Tabel 2 - Elastantie

| | E_{RS} [cmH ₂ O/L] | E_L [cmH ₂ O/L] | E_{CW} [cmH ₂ O/L] |
|------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Gezonde mensen onder algehele narcose | 12-14 | 8-9 | 4-5 |
| Patiënten met ALI/ARDS | 25-37 | 17-24 | 8-13 |
| COPD patiënten met respiratoire insufficiëntie | 11-19 | 6-10 | 5-9 |

Legenda: E_{RS} = Elastantie ademhalingsstelsel; E_L = Long elastantie; E_{CW} = Borstkas elastantie;
COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease;

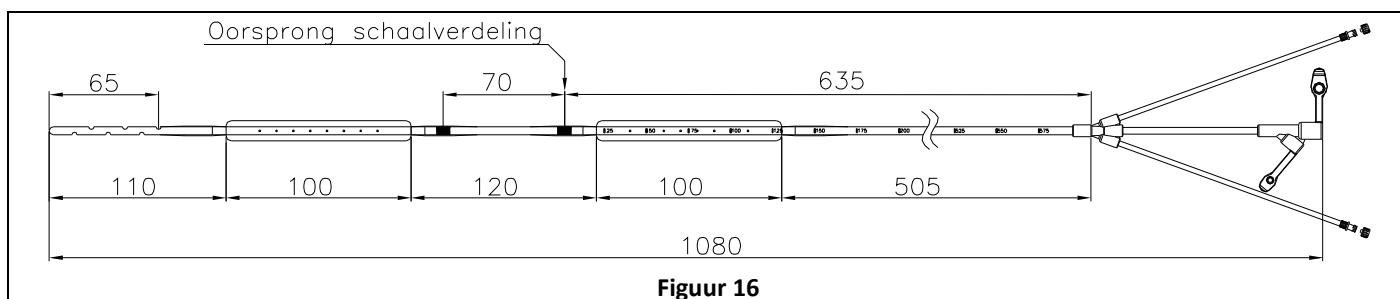
Tabel 3 - Abdominale druk (model met twee ballonnen)

| | Abdominale druk | |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------|
| | [mmHg] | [cmH ₂ O] |
| Normaal | 4-7 | 5,4-9,5 |
| Abdominale hypertensie | ≥ 12 | ≥ 16,3 |
| Compartiment syndroom | ≥ 20 | ≥ 27,2 |
| | Verbonden met het verschijnen van een nieuwe orgaaninsufficiëntie | |

BIBLIOGRAFIE

(1) Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza D, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L. "Long stress en strain tijdens mechanische beatmings voor acute respiratoire nood" Am J Respir Crit Care Med. 2008 Aug 15; 178(4):346-55.

VOORNAAMSTE AFMETINGEN



BELANGRIJKE AANWIJZINGEN

Met dit instrument kunnen de waarden van de *Maagdruk* en van de *Oesophagusdruk* continu opgemeten en geregistreerd worden, maar kan het beatmingsstoestel niet automatisch aangepast worden, deze handeling moet absoluut met de hand door de arts worden verricht.

WAARSCHUWINGEN

Het hergebruiken van het instrument kan leiden tot ernstige achteruitgang van de staat van gezondheid van de patiënt door de gevolgen van mogelijke bacteriële besmetting.

AFVOER

Het gebruikte instrument moet afgevoerd worden als ziekenhuisafval, in overeenstemming met de geldende normen.

FABRIKANT



SIDAM s.r.l

Via Statale Sud, 169

41037 San Giacomo Roncole

MIRANDOLA (MO)

LATEX FREE



STERILE EO

PVC FREE

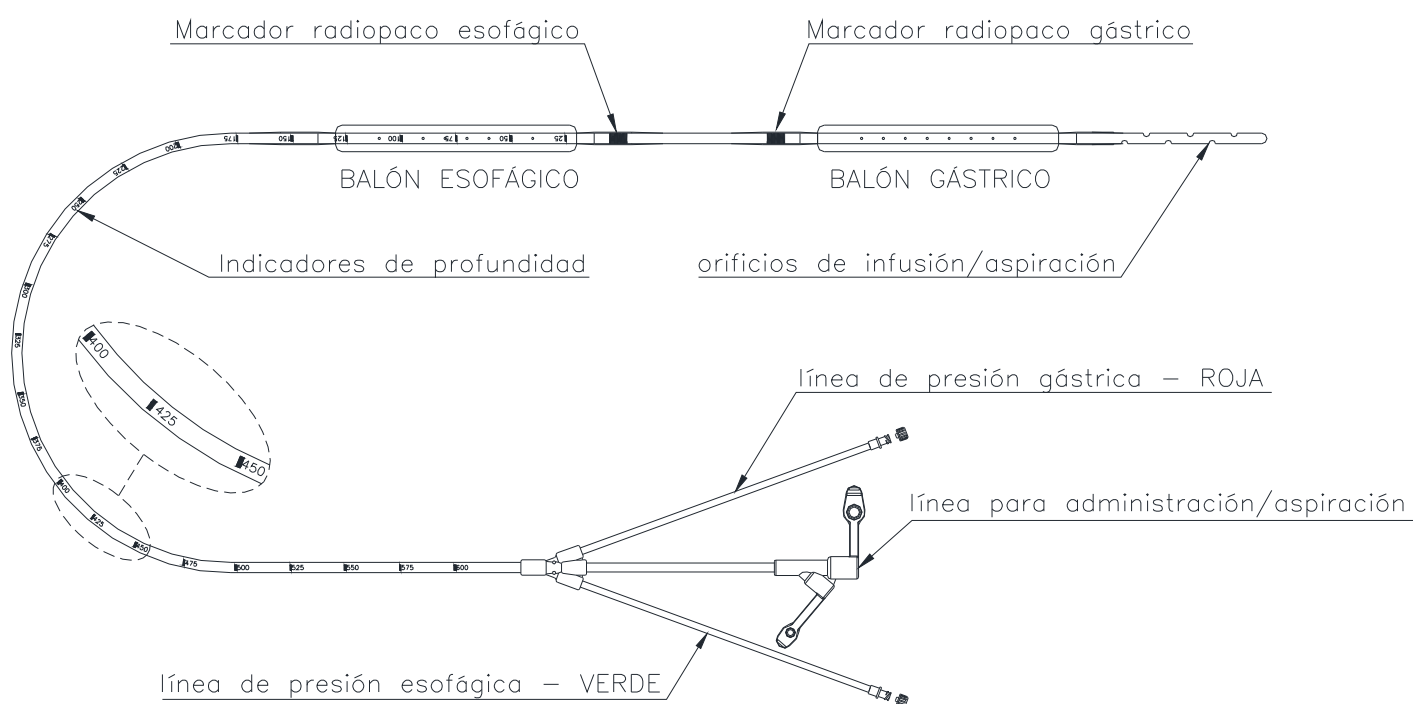


CE 0123

SONDA NASOGÁSTRICA POLIVALENTE NUTRIVENT™

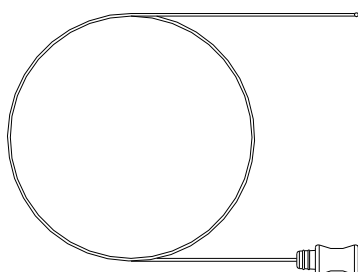
CONTENIDO DEL ENVASE

Sonda nasogástrica polivalente NutriVent (para ver las dimensiones, consultar la ilustración de la pág. 97)

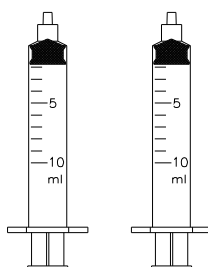


ES

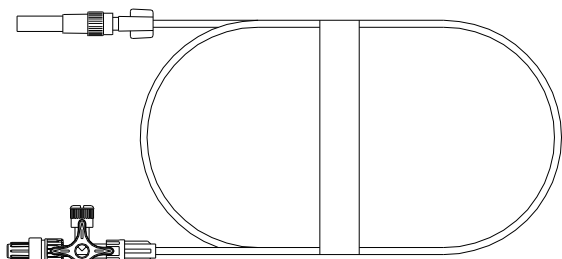
Guía metálica para la inserción



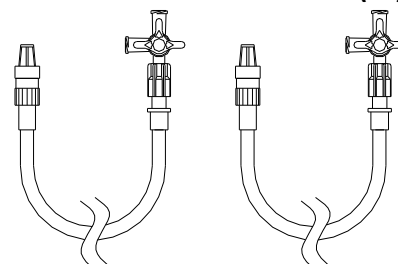
Jeringas (x2)



REF 09031009 – REF 09031015
Líneas de conexión a ventilador (x2)



REF 09031003 – REF 09031006
Líneas con llave de tres vías (x2)



La sonda nasogástrica polivalente NutriVent™ es una sonda de poliuretano dotada de dos balones de polietileno indicados para medir la presión esofágica y gástrica. La sonda NutriVent™ es flexible, atraumática y puede ser utilizada incluso durante periodos largos (máximo 29 días).

La sonda NutriVent™ puede conectarse directamente tanto a un monitor como a un ventilador mecánico (mediante la línea de conexión correspondiente).

INDICACIONES

La sonda NutriVent™ está indicada en todas las condiciones en las que resulta necesario medir/monitorizar la presión esofágica y gástrica en pacientes adultos. Las presiones esofágica y gástrica son fundamentales para una correcta gestión de la ventilación de los enfermos críticos.

Además, la sonda NutriVent™ tiene todas las funciones de una sonda de alimentación nasogástrica normal.

VENTAJAS

- Catéter único
- Medición y monitorización continua de la presión esofágica y gástrica
- No necesita dispositivos auxiliares y elimina el riesgo de infección de las vías urinarias

CONTRAINDICACIONES

- Coagulopatía no controlada
- Trombocitopenia grave
- Traumas nasales
- Varices esofágicas

POR QUÉ Y CUÁNDO MEDIR LA PRESIÓN ESOFÁGICA Y GÁSTRICA

La medición de la presión esofágica está indicada:

- 1) durante la ventilación mecánica en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda (por ejemplo, edema pulmonar cardiogénico y no cardiogénico), para evitar las lesiones inducidas por el ventilador (VILI);
- 2) durante la ventilación no invasiva, para regular el esfuerzo respiratorio del paciente y su capacidad para tolerar la ventilación no invasiva en sí misma.

Presión esofágica y lesiones inducidas por el ventilador

Es bien sabido que 30 cmH₂O de *presión de las vías respiratorias* (P_{aw}) leídos en el ventilador representan el umbral para la *lesión pulmonar inducida por el ventilador* (VILI). De todas formas, la verdadera causa de las lesiones pulmonares es la excesiva presión transpulmonar, superior a 15-20 cmH₂O. La *presión transpulmonar* (P_L) es la fracción de presión de las vías respiratorias que se "gasta" para expandir el pulmón; mientras que la fracción restante es la *presión pleural* (P_{pl}), que se "gasta" para expandir la caja torácica el volumen equivalente. Al no ser posible medir directamente la *presión pleural* (P_{pl}), en la práctica clínica se utiliza la *presión esofágica* (P_{es}), que ha demostrado ser un buen índice.

Fórmula:

$$\Delta P_{aw} = \Delta P_L + \Delta P_{pl}$$

Esta ecuación representa el "fraccionamiento de la mecánica respiratoria".

Por lo tanto, al medir la presión esofágica podremos calcular la presión transpulmonar (es decir, $\Delta P_L = \Delta P_{aw} - \Delta P_{es}$).

Está demostrado que la presión de las vías respiratorias es un sustituto inadecuado de la presión transpulmonar⁽¹⁾: de hecho, a igual presión de las vías respiratorias (30 cmH₂O) se pueden corresponder presiones transpulmonares muy bajas, lo cual se debe a la variabilidad de la elasticidad de la caja torácica.

Pongamos los siguientes ejemplos:

Caso 1: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ y $\Delta P_L = 7 \text{ cmH}_2\text{O}$

En esta situación, se gastan 23 cmH₂O de presión para expandir el tórax, y solo 7 cmH₂O para expandir el pulmón. Esta presión transpulmonar puede ser insuficiente para un intercambio gaseoso adecuado.

Caso 2: $\Delta P_{aw} = 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ y $\Delta P_L = 28 \text{ cmH}_2\text{O}$

En esta situación solo se gastan 2 cmH₂O de presión para expandir el tórax, y 28 cmH₂O para expandir el pulmón. Esta presión transpulmonar es próxima a la presión que se registra a la máxima capacidad inspiratoria del pulmón, y seguramente puede inducir daños pulmonares irreversibles.

Tanto en el **caso 1** como en el **caso 2**, el médico lee una presión de las vías respiratorias de 30 cmH₂O, por lo que la medición de la presión esofágica es lo que permite discernir entre las dos situaciones y modificar consecuentemente la ventilación mecánica. De hecho, en el primer caso superar los 30 cmH₂O en las vías respiratorias para asegurar una ventilación adecuada no conlleva riesgos adicionales, ya que la presión transpulmonar permanecería dentro de los límites de seguridad, mientras que en el segundo caso el volumen corriente o la PEEP deberían reducirse para devolver la presión transpulmonar a los límites de seguridad (inferiores a 15-20 cmH₂O).

Presión esofágica y distensibilidad/elasticidad

La distensibilidad o *compliance* (C) y su contrapartida, la *elasticidad* (E), miden la adaptabilidad de una estructura mecánica y son de extrema utilidad en la caracterización de enfermos con insuficiencia respiratoria aguda.

$$\text{Distensibilidad} = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$\text{Elasticidad} = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

En la insuficiencia respiratoria aguda, la distensibilidad está estrechamente correlacionada con la cantidad de pulmón que sigue siendo ventilable. En adultos normales, la distensibilidad es de unos 100 ml/cmH₂O: una distensibilidad de ml/cmH₂O indica que solo el 50 % del pulmón original está disponible para la ventilación (el resto está colapsado o consolidado), una distensibilidad de 20 ml/cmH₂O indica que solo el 20 % del pulmón original está disponible para la ventilación, y así sucesivamente. Por lo tanto, la medición de la distensibilidad da una idea de las dimensiones del pulmón disponible para la ventilación (pulmón de niño o *baby lung*). Evidentemente, si después de realizar maniobras de reclutamiento pulmonar aumentan las dimensiones del pulmón disponible para la ventilación, la distensibilidad aumentará en consecuencia.

En pacientes adultos con valores de distensibilidad de 40-50 ml/cmH₂O todavía es posible la ventilación a bajos volúmenes corrientes con PEEP dentro de los límites de seguridad, mientras que por debajo de 30 ml/cmH₂O se está en una zona de claro riesgo de lesiones inducidas por el ventilador.

Para caracterizar mejor este riesgo es mejor referirse a los componentes del sistema respiratorio (pulmones y caja torácica) y utilizar el concepto de elasticidad.

La elasticidad del sistema respiratorio es la presión necesaria para expandir el pulmón o el tórax en 1 litro. La elasticidad pulmonar es la presión necesaria para expandir únicamente el pulmón, mientras que la elasticidad torácica es la presión pleural necesaria para expandir únicamente la caja torácica. Por lo tanto, la elasticidad del sistema respiratorio se determina mediante la suma de la elasticidad del pulmón y de la caja torácica.

En un paciente sano y en respiración espontánea, la elasticidad del tórax y del pulmón son iguales. En el mismo paciente, pero en decúbito supino y sedado, la elasticidad del tórax y del pulmón ya no son iguales (ver tabla 1), sino que su relación es, de media, de 2:1, por lo que la presión necesaria para expandir el pulmón es aproximadamente el doble que la necesaria para expandir el tórax. Este dato representa, de todos modos, un valor medio, y

lamentablemente la relación entre la elasticidad del pulmón y la del tórax es extremadamente variable, tanto en sujetos sanos como en enfermos.

Por este motivo, la medición de la distensibilidad/elasticidad del pulmón es fundamental para una correcta gestión clínica del enfermo.

Presión esofágica y ventilación no invasiva

Durante la ventilación no invasiva, la monitorización está limitada a la medición de la *presión de las vías respiratorias* (P_{aw}) y de la frecuencia respiratoria, sin que se realice una medición precisa del *volumen corriente* efectivo que ventila el paciente (por ejemplo, debido a posibles pérdidas y/o elevada distensibilidad de la máscara o escafandra).

El cálculo de la presión esofágica mediante la medición de la presión esofágica nos permite estimar la eficiencia de la ventilación no invasiva y los posibles riesgos de fatiga respiratoria.

En sujetos sanos, durante la ventilación normal la presión esofágica oscila entre -2 y -5 cmH₂O durante la inspiración. Por lo tanto, si por ejemplo la presión esofágica oscila entre -2 y -8 cmH₂O y la frecuencia respiratoria es inferior a 25 respiraciones por minuto, podemos afirmar que el paciente puede tolerar adecuadamente la ventilación no invasiva. Por el contrario, si la presión esofágica supera los -10 cmH₂O, sabremos que el esfuerzo que está haciendo el paciente es extremadamente elevado y no podrá tolerarlo a largo plazo. Por lo tanto, la simple medición de la presión de las vías respiratorias no es adecuada para una correcta gestión clínica del enfermo.

Presión gástrica (modelo con dos balones)

La presión abdominal en condiciones normales, cuando los músculos abdominales tienen una distensión normal y las vísceras tienen dimensiones normales es, en una primera aproximación, igual a la presión que habría si el abdomen estuviese lleno de agua. En estas condiciones, la presión ejercida en cualquier punto del abdomen en dirección ventrodorsal viene determinada por la altura de la columna de agua por encima de ese punto multiplicada por la densidad del líquido, que en el caso del agua es de 1.

Si, por ejemplo, las paredes del abdomen se vuelven más rígidas y/o el volumen de las vísceras aumenta, la presión abdominal aumentará y todas las estructuras sometidas a esta presión modificarán su estado. El diafragma se desplazará en sentido craneal, los volúmenes pulmonares se reducirán y la perfusión esplácnica disminuirá, con el consiguiente empeoramiento de la función gastrointestinal, hepática y renal.

En la práctica clínica, la presión abdominal puede estimarse mediante la medición de la presión gástrica o de la presión vesical. La medición de la presión gástrica permite la medición de la presión abdominal evitando posibles riesgos de infección de las vías urinarias que existen al utilizar la medición de la presión vesical en todas las situaciones en las que está contraindicado o no es posible (ausencia de catéter urinario, traumatismo pélvico grave).

INSTRUCCIONES DE USO

Inserción de la sonda nasogástrica polivalente NutriVent™

- 1) Colocar al paciente en decúbito supino o semisentado.
- 2) Anestesiarse la cavidad nasal y la boca con spray de lidocaína 4%.
- 3) Lubricar abundantemente la guía metálica con el gel lubricante e insertarla en el interior de la sonda NutriVent™ hasta el extremo distal.
- 4) Lubricar abundantemente la sonda NutriVent™ con el gel lubricante en toda su longitud.
- 5) Insertar la sonda NutriVent™ en la fosa nasal posterior a través de la nariz, y hacerla avanzar por el esófago y el estómago hasta alcanzar una profundidad de 40-42 cm (**Figura 1**).
 - ⚠ Si el sujeto está consciente, pedirle que degluta durante el pasaje de la sonda NutriVent™ para favorecer su avance.
 - ⚠ Durante la inserción, verificar que la sonda NutriVent™ no se enrolle en la cavidad oral.

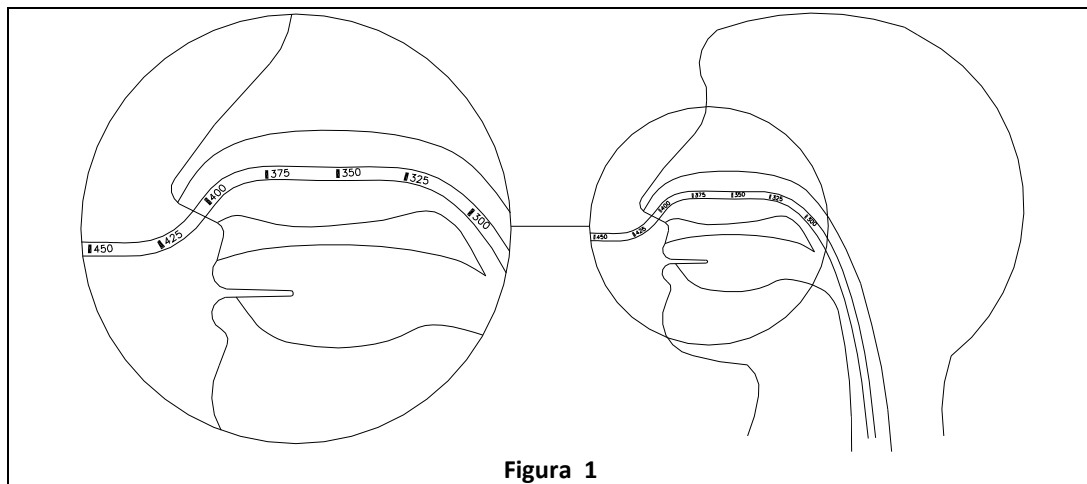


Figura 1

- 6) Extraer delicadamente la guía metálica.
- 7) Fijar la sonda NutriVent™ a la nariz con esparadrapo.

Conexión al monitor y calibración

- 1) Conectar la línea de presión que se quiere leer (esofágica o gástrica) a una de las dos líneas con llave de tres vías (Figura 2 (B)) y conectar la llave de tres vías a un transductor de presión dotado de luer-lock (Figura 2 (A)).

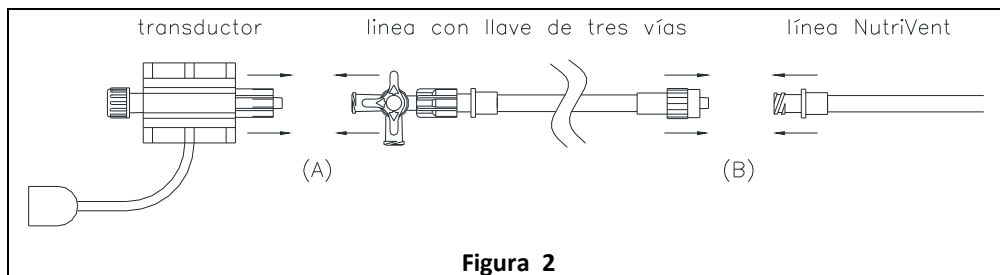


Figura 2

- 2) Conectar el transductor de presión al monitor mediante el cable correspondiente (Figura 3).

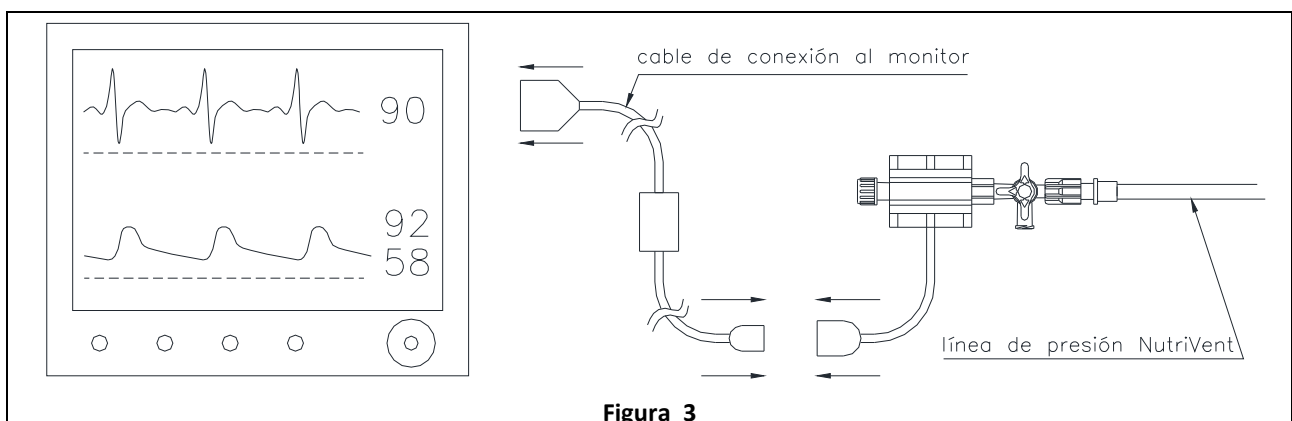


Figura 3

- 3) Abrir el caudal de aire del transductor de presión girando debidamente la llave de tres vías y realizar el ajuste a cero en el monitor (Figura 4).

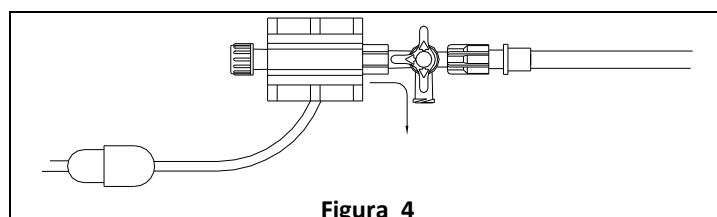
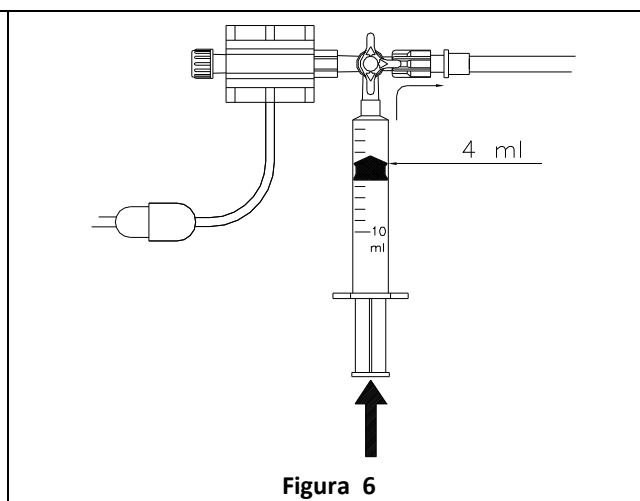
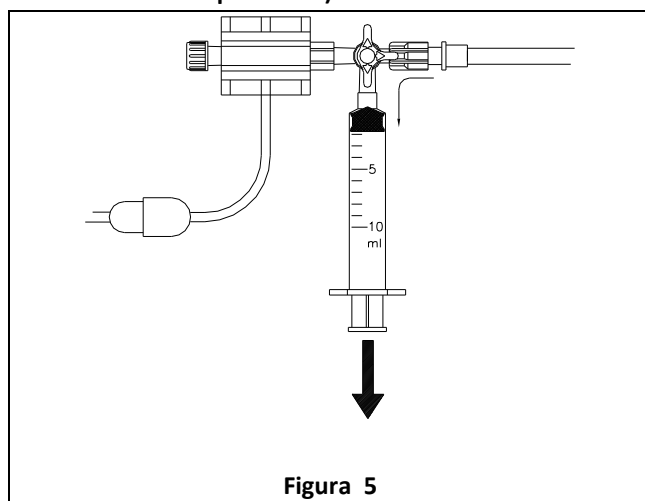


Figura 4

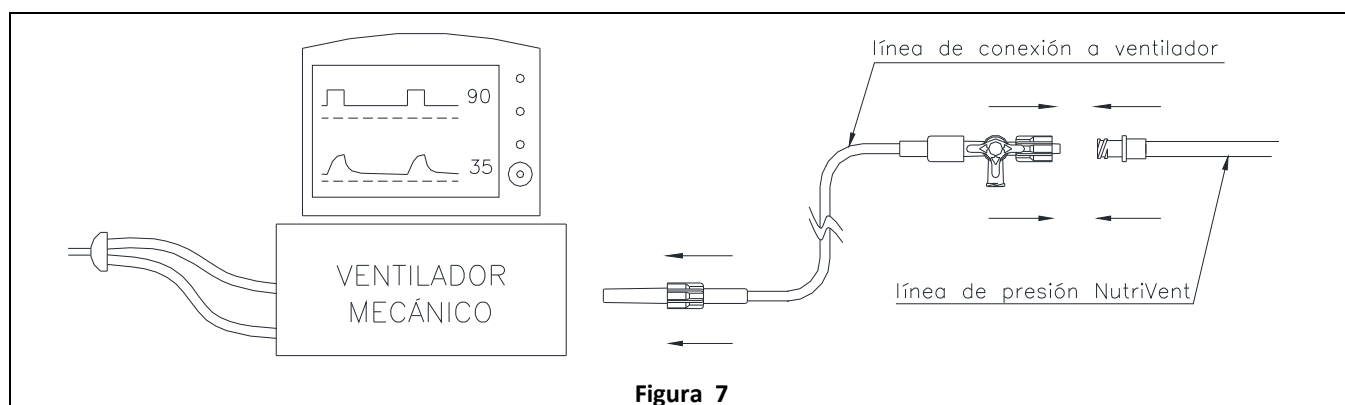
- 4) A través de la jeringa incluida, aspirar todo el aire del balón (**Figura 5**) y después insuflar un volumen de aire de 4 ml (**Figura 6**); al finalizar, cerrar la llave de tres vías conectando el transductor de presión con la línea de presión que se va a medir.

⚠ Para una lectura precisa, cuando pase más de una hora desde la última medición deberá repetirse el procedimiento descrito en el apartado 4).



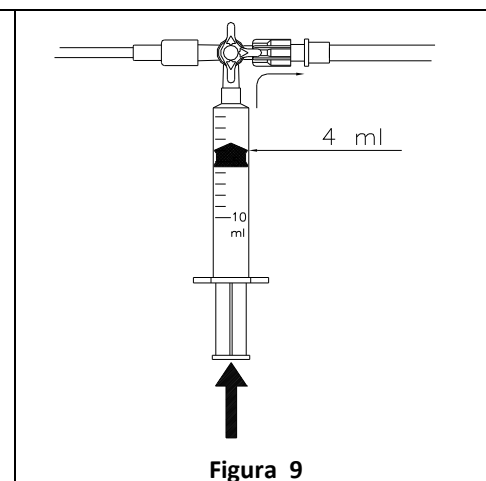
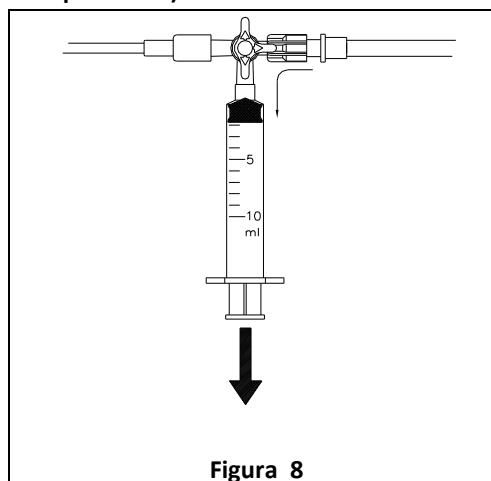
Conexión al puerto auxiliar del ventilador

- 1) Conectar la línea de presión que se desea leer (esofágica o gástrica) al puerto auxiliar del ventilador mecánico mediante la línea de conexión correspondiente (**Figura 7**).



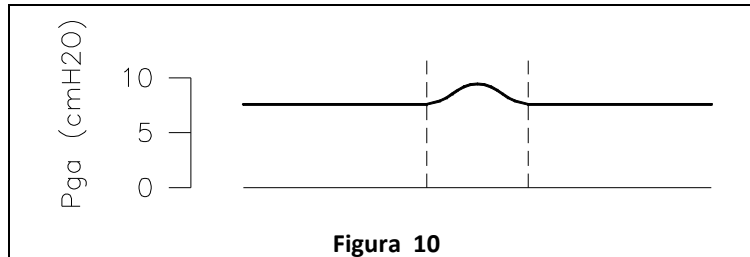
- 2) A través de la jeringa incluida, aspirar todo el aire del balón (**Figura 8**) y después insuflar un volumen de aire de 4 ml (**Figura 9**); al finalizar, cerrar la llave de tres vías conectando la puerta auxiliar del ventilador con el balón.

⚠ Para una lectura precisa, cuando pase más de una hora desde la última medición deberá repetirse el procedimiento descrito en el apartado 2).



Verificación del correcto posicionamiento del balón gástrico (modelo de dos balones)

- 1) Presionar el abdomen a la altura del epigastrio y verificar que se produce un aumento transitorio de la presión gástrica (**Figura 10**).



Verificación del correcto posicionamiento del balón esofágico

- 1) En sujetos sin actividad respiratoria espontánea, las variaciones de presión esofágica y gástrica serán siempre positivas en todo el ciclo respiratorio; por el contrario, en los sujetos con actividad respiratoria espontánea, si el diafragma funciona correctamente, al inicio de la inspiración las variaciones de presión gástrica serán positivas, mientras que las esofágicas serán negativas.
 - a. En sujetos entubados con actividad respiratoria espontánea resulta útil realizar un test de oclusión de las vías respiratorias (esfuerzo inspiratorio con vías respiratorias ocluidas) para verificar que las variaciones de la presión esofágica sean acordes a la presión de las vías respiratorias durante el esfuerzo inspiratorio.
 - b. En los sujetos sometidos a ventilación invasiva, la presión esofágica resultará siempre negativa al inicio de la inspiración.
 - c. La sonda NutriVent™ dispone de dos marcadores radiopacos situados al final del balón esofágico y en el inicio del balón gástrico, fácilmente detectables mediante una radiografía torácica común. Los dos marcadores deberán encontrarse al final del esófago y en el estómago.

MEDICIONES

Las mediciones indicadas en el monitor al utilizar la sonda NutriVent™ se expresan en milímetros de mercurio; para expresarlas en centímetros de agua se deberá multiplicar el valor indicado por un factor de escala de 1,36.

Por ejemplo, 12 mmHg equivale a $(12 \times 1,36) = 16,3 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Medición de la presión transpulmonar

Ventilación mecánica

Durante la ventilación mecánica, para una correcta medición de la *presión transpulmonar* (P_L) es necesario que el sujeto esté bien adaptado a la ventilación mecánica, adecuadamente sedado y eventualmente curarizado. La modalidad de ventilación es irrelevante.

Una vez posicionada la sonda NutriVent™, realizar una pausa al final de la espiración seguida de una pausa al final de la inspiración. De esta forma, tanto el flujo espiratorio como el flujo inspiratorio estarán ausentes, y las presiones que se desarrollarán dentro del sistema respiratorio reflejarán únicamente las propiedades elásticas, las responsables de eventuales lesiones pulmonares. En caso de que resultase imposible realizar las pausas (por ejemplo, con ventiladores no provistos de estas funciones), se pueden utilizar de todos modos los valores de presión indicados al final de la espiración y al final de la inspiración, tanto los de las vías respiratorias como los esofágicos. En la **Figura 11** se incluye un ejemplo de trazado de las vías respiratorias y de la presión esofágica durante una pausa al final de la espiración y al final de la inspiración; en la **Figura 12** se incluye un ejemplo de trazado sin la realización de pausas.

La presión de las vías respiratorias al final de la espiración se indicará directamente en el monitor o en el panel del ventilador como la presión que se desarrolla al final de la espiración, que suele ser igual a la PEEP indicada en caso de no haber PEEP automática, o bien superior a la PEEP marcada en el ventilador en caso de PEEP automática.

La presión de las vías respiratorias al final de la inspiración se mostrará como la presión que se desarrolla durante la pausa (P_{aw} plateau, **Figura 11**) o como la presión que se desarrolla al final de la inspiración (P_{aw} pico, **Figura 12**).

De forma análoga, la presión esofágica se indicará en el monitor o en el ventilador como la presión que se desarrolla al final de la espiración, mientras que la del final de la inspiración se indicará como la presión que se desarrolla

durante la pausa (P_{es} plateau, **Figura 11**) o como la presión que se desarrolla al final de la inspiración (P_{es} pico, **Figura 12**). L'origine riferimento non è stata trovata.).

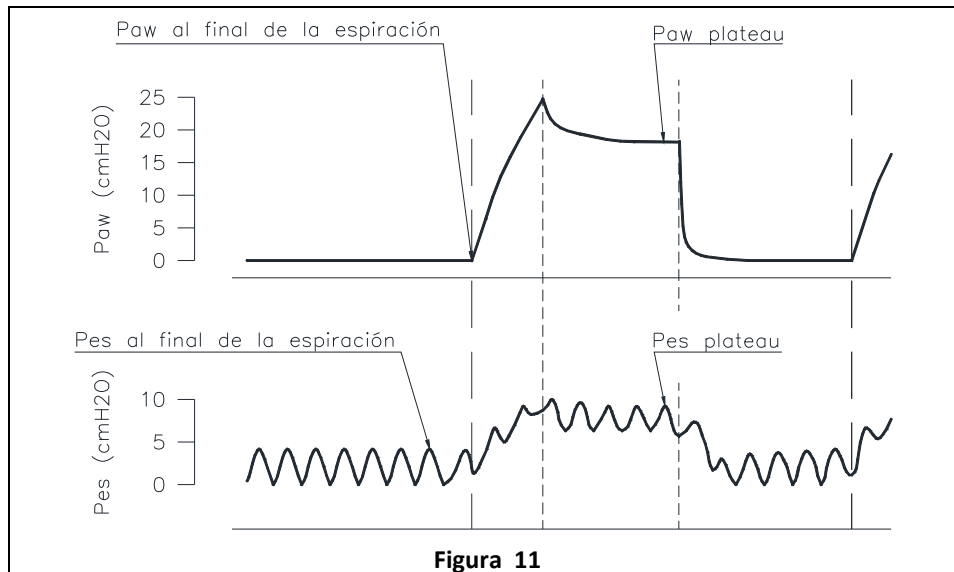


Figura 11

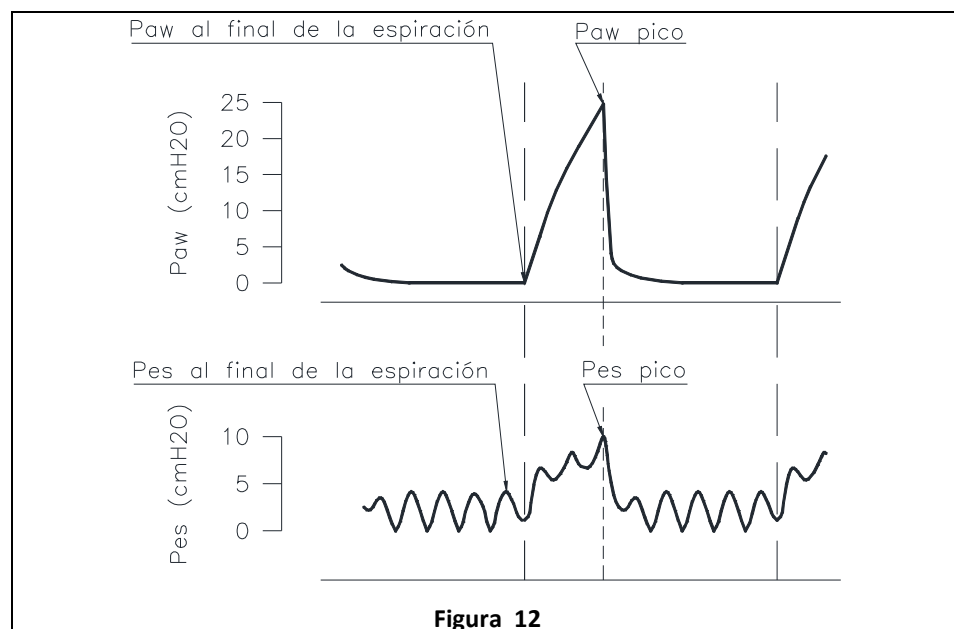


Figura 12

Legenda: P_{aw} = presión de las vías respiratorias; P_{es} = presión esofágica

Al conocer la *presión de las vías respiratorias* (P_{aw}) y la *presión esofágica* (P_{es}) se puede calcular la variación de la *presión transpulmonar* (ΔP_L) mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta P_L = (P_{aw} \text{ al final de la inspiración} - P_{aw} \text{ al final de la espiración}) - (P_{es} \text{ al final de la inspiración} - P_{es} \text{ al final de la espiración})$$

Para obtener una medición precisa de la *presión de las vías respiratorias* y de la *presión esofágica* es necesario que la pausa al final de la inspiración y de la espiración tenga una duración de 2-4 segundos.

⚠ En caso de artefactos en el trazado de la presión esofágica, por ejemplo espasmos, se deberá repetir la medición.

Medición de la distensibilidad/elasticidad del sistema respiratorio, del pulmón y de la caja torácica

Para obtener una medición de la distensibilidad/elasticidad es necesario conocer la *presión esofágica*, la *presión de las vías respiratorias* y el *volumen corriente*. La presión de las vías respiratorias y la presión esofágica se medirán al igual que en el caso de la presión transpulmonar (capítulo "Medición de la presión transpulmonar"). Para obtener una medición precisa de la *presión de las vías respiratorias* y de la *presión esofágica* es necesario que la pausa al final

de la inspiración y de la espiración tenga una duración de 2-4 segundos. El cálculo de la distensibilidad/elasticidad será posible aun a falta de una pausa al final de la espiración y de la inspiración.

⚠ **En caso de artefactos en el trazado de la presión esofágica, por ejemplo espasmos, se deberá repetir la medición.**
La distensibilidad/elasticidad del sistema respiratorio, del pulmón y de la caja torácica se calcularán mediante las siguientes fórmulas:

Distensibilidad

| | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema respiratorio (Respiratory system) | $C_{RS} = \frac{\text{volumen corriente}}{P_{aw} \text{ final inspiración} - P_{aw} \text{ final espiración}}$ |
| Pulmonar (Lung) | $C_L = \frac{\text{volumen corriente}}{(P_{aw} \text{ final insp.} (P_{aw} \text{ final esp.}) - (P_{es} \text{ final insp.} - P_{es} \text{ final esp.})}$ |
| Torácica (Chest wall) | $C_{CW} = \frac{\text{volumen corriente}}{P_{es} \text{ final inspiración} - P_{es} \text{ final espiración}}$ |

Elasticidad

| | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema respiratorio (Respiratory system) | $E_{RS} = \frac{P_{aw} \text{ final inspiración} - P_{aw} \text{ final espiración}}{\text{volumen corriente}}$ |
| Pulmonar (Lung) | $E_L = \frac{(P_{aw} \text{ final insp.} (P_{aw} \text{ final esp.}) - (P_{es} \text{ final insp.} - P_{es} \text{ final esp.})}{\text{volumen corriente}}$ |
| Torácica (Chest wall) | $E_{CW} = \frac{P_{es} \text{ final inspiración} - P_{es} \text{ final espiración}}{\text{volumen corriente}}$ |

Leyenda: P_{aw} = presión de las vías respiratorias; P_{es} = presión esofágica

Medición del esfuerzo inspiratorio

Una vez posicionada la sonda NutriVent™ y conectada a la línea de la *presión esofágica* para su lectura al monitor o al ventilador, se medirán las variaciones máximas de la *presión esofágica* (ΔP_{es}) desde el inicio de la inspiración hasta su máxima excursión.
En la **Figura 13** se muestra un caso de ventilación con CPAP, mientras que en la **Figura 14** se muestra un caso de ventilación asistida.

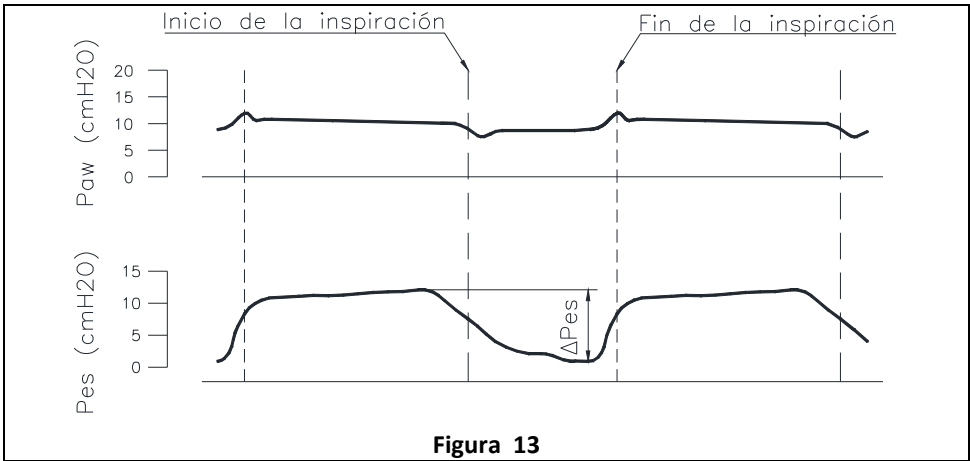
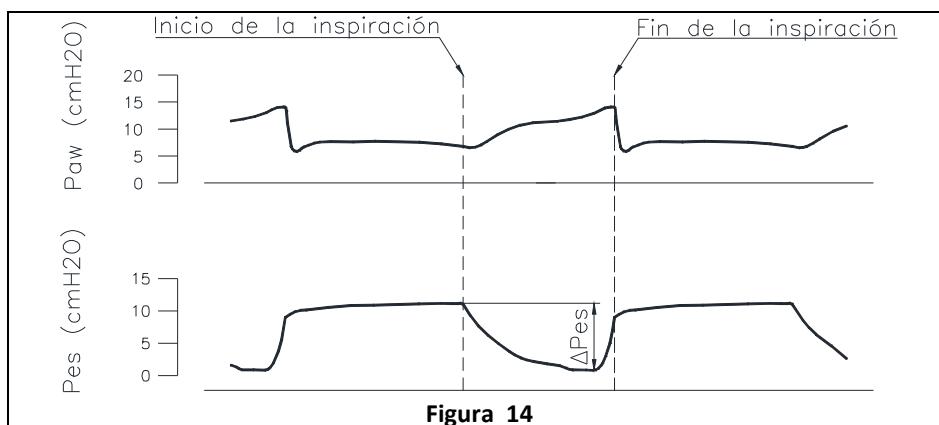


Figura 13

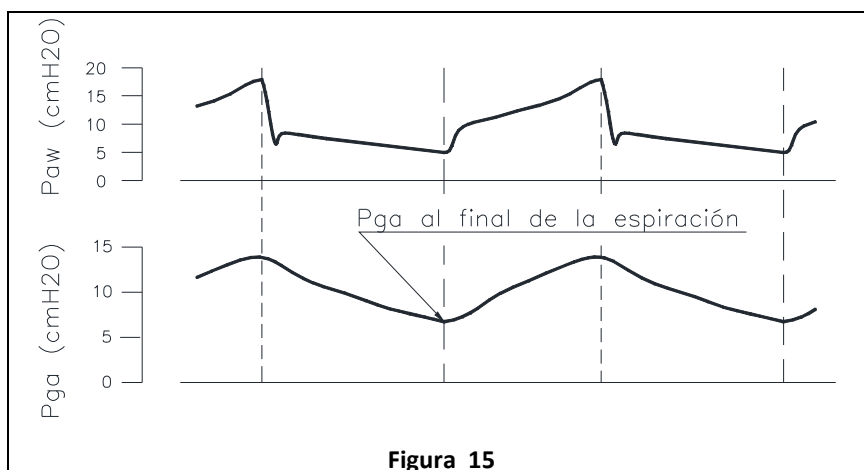


⚠ En caso de artefactos en el trazado de la presión esofágica, por ejemplo espasmos, se deberá repetir la medición.

Medición de la presión gástrica (modelo con dos balones)

Una vez colocada la sonda NutriVent™ y conectada la línea de presión gástrica al monitor o ventilador:

- 1) colocar al paciente en decúbito supino;
- 2) leer el valor de *presión gástrica* (P_{ga}) durante la fase espiratoria. (Figura 15)



VALORES DE REFERENCIA

Tabla 1 - Distensibilidad

| | C_{RS} [mL/cmH ₂ O] | C_L [mL/cmH ₂ O] | C_{cw} [mL/cmH ₂ O] |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Sujetos sanos con anestesia general | 70-80 | 110-130 | 180-210 |
| Sujetos con LPA/SDRA | 30-40 | 40-60 | 70-100 |
| Sujetos EPOC con insuficiencia respiratoria | 50-90 | 100-170 | 150-260 |

Leyenda: C_{RS} = Distensibilidad del sistema respiratorio; C_L = Distensibilidad pulmonar; C_{cw} = Distensibilidad torácica;
EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Tabla 2 - Elasticidad

| | E_{RS} [cmH ₂ O/L] | E_L [cmH ₂ O/L] | E_{cw} [cmH ₂ O/L] |
|---------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Sujetos sanos con anestesia general | 12-14 | 8-9 | 4-5 |
| Sujetos con LPA/SDRA | 25-37 | 17-24 | 8-13 |
| Sujetos EPOC con insuficiencia respiratoria | 11-19 | 6-10 | 5-9 |

Leyenda: E_{RS} = Elasticidad del sistema respiratorio; E_L = Elasticidad pulmonar; E_{cw} = Elasticidad torácica;
EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica

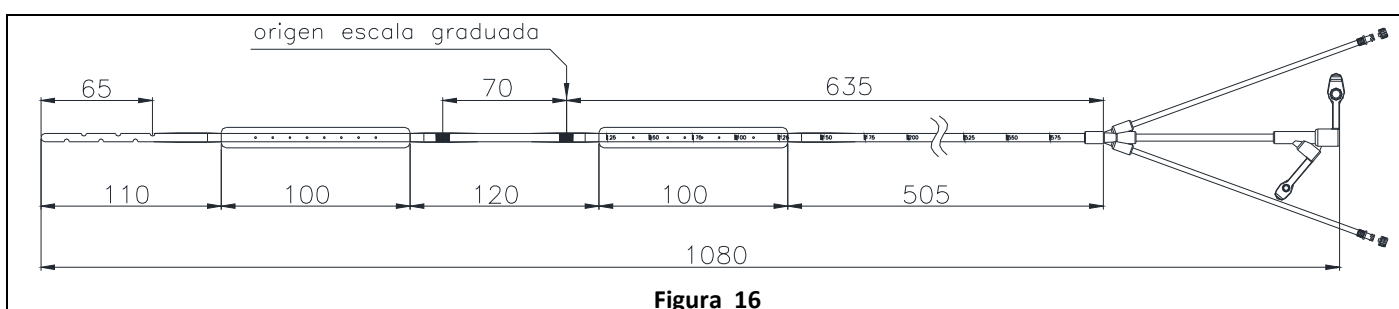
Tabla 3 - mayúscula inicial presión abdominal (modelo con dos balones)

| | Presión abdominal | |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|
| | [mmHg] | [cmH ₂ O] |
| Normalidad | 4-7 | 5,4-9,5 |
| Hipertensión abdominal | ≥ 12 | ≥ 16,3 |
| Síndrome compartimental | ≥ 20 | ≥ 27,2 |
| | Asociada a la aparición de una nueva insuficiencia orgánica | |

BIBLIOGRAFÍA

(1) Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza D, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L. "Stress y strain pulmonar durante la ventilación mecánica por síndrome de dificultad respiratoria aguda" Am J Respir Crit Care Med. 2008 Aug 15; 178(4):346-55.

PRINCIPALES DIMENSIONES



INDICACIONES IMPORTANTES

El dispositivo permite medir y registrar de forma continua los valores de la *presión gástrica* y de la *presión esofágica*, pero no permite la adaptación automática del ventilador, operación que deber ser realizada obligatoriamente por el médico de forma manual.

ADVERTENCIAS

La reutilización del dispositivo puede producir un grave empeoramiento del estado de salud del paciente a causa de posibles contaminaciones microbicas.

ELIMINACIÓN

Los dispositivos utilizados deben ser eliminados como desechos hospitalarios de conformidad o la normativa en vigor.

FABRICANTE

Sidam GROUP
BIOMEDICAL SOLUTIONS

SIDAM s.r.l

Via Statale Sud, 169

41037 San Giacomo Roncole

MIRANDOLA (MO)

LATEX FREE



STERILE EO

PVC FREE



CE 0123



SIDAM s.r.l - Via Statale Sud, 169 - 41037 San Giacomo Roncole – Mirandola (MO) – ITALY
Tel. +39.0535.25523 - Fax +39.0535.25635 - info@sidamit.it - www.nutrivent.eu - www.sidamgroup.com