עקרונות בהנשמה "קונבנציונאלית"

ד"ר אורי הוכוולד

מנהל היחידה לטיפול נמרץ ילודים ופגים

רות
בית חולים רות רפפורט לילדים
רמב"ם-הקריה הרפואית לבריאות האדם

מהם

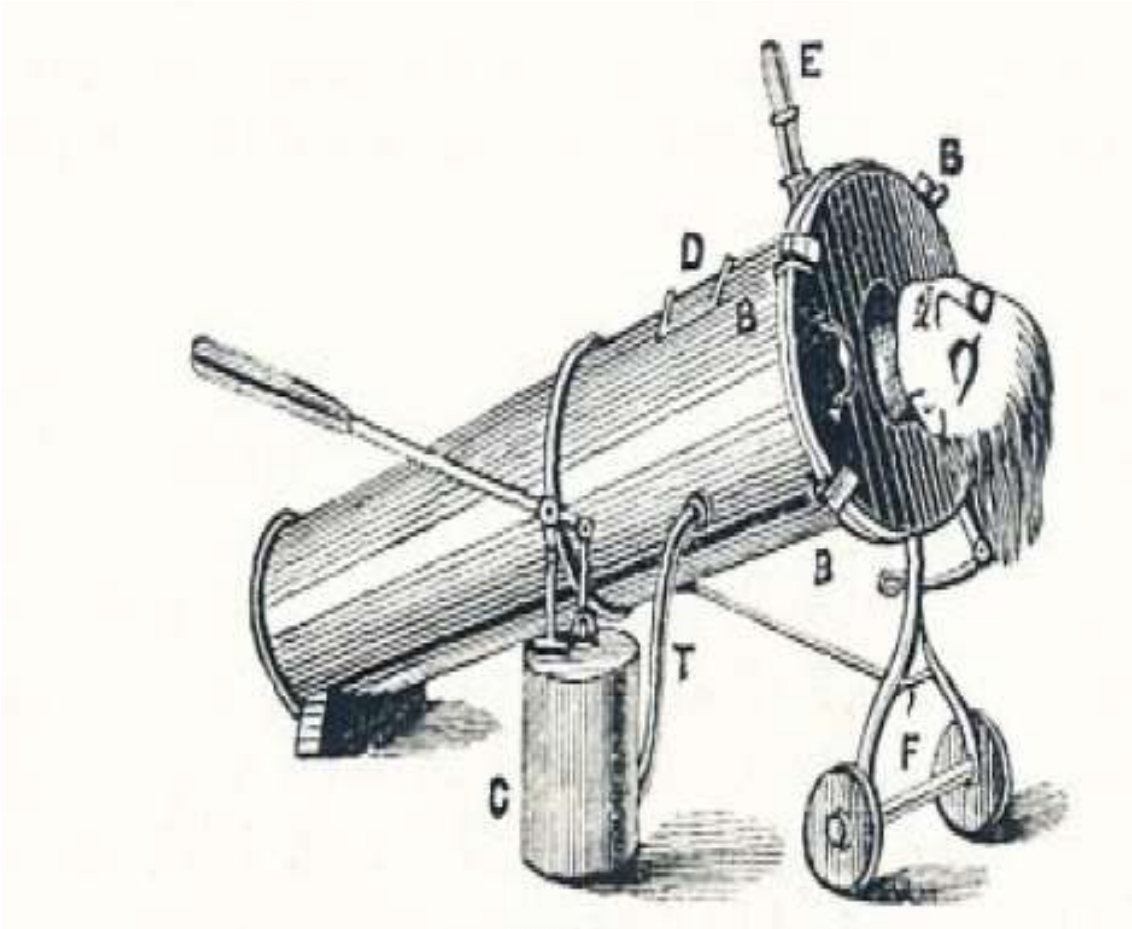
העקרונות בהנשמה "פולשנית" בפגים ?

להגן ככל האפשר על הראות

- BPD
- פגיעה התפתחותית
- תמותה

מהי שיטת ההנשמה הכי "פיסיולוגית" = מחקה את איך שאנחנו נושמים באופן טבעי ?

הנשמה בלחץ שלילי



Spirophore – 1876

מכשיר ידני

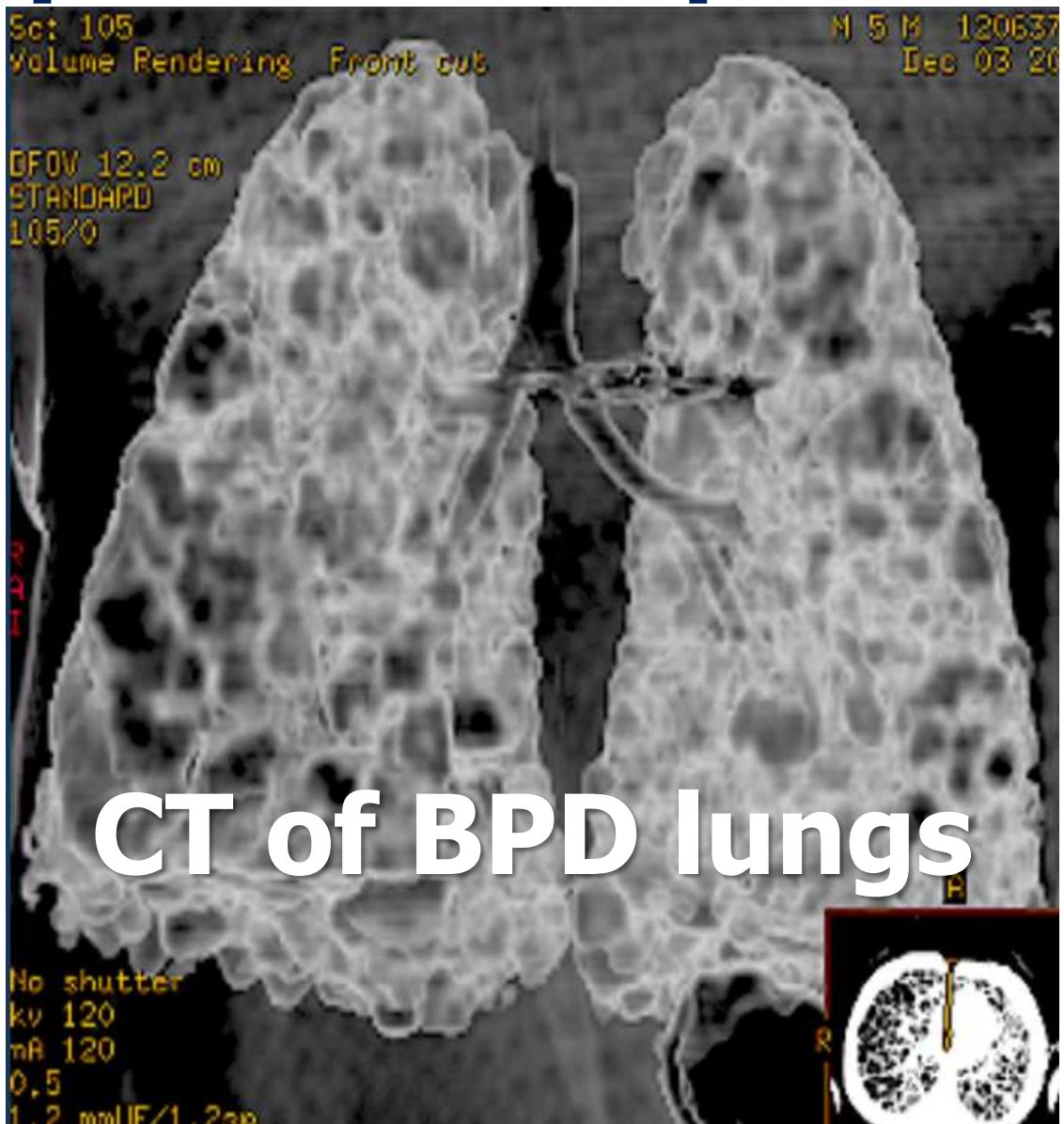
"ריאות הברזל"

Boston Children's Hospital in 1928

"ריאות הברזל"

שימוש מאסיבי בזמן מגיפת הפוליו : 1940-1950

הנשמה בלחץ חיובי = נזק לריאה



מה מטרת ההנשמה ?

- **חמצון** ← saturation
- **אוורור** ← CO_2 : $PaCO_2$, $TcCO_2$

מה מטרת ההנשמה ?

- חמצון ← saturation
- אוורור ← CO_2 : $PaCO_2$, $TcCO_2$
- שיטות הנשמה שונות – מהן? מה מבדיל בינהן?
- מה משפיע בהגדרות ההנשמה על חמצון ואוורור ?
- הנשמה במצבי תחלואה שונים בפגים
- איך להמעיט בנזק שגורמת ההנשמה ?

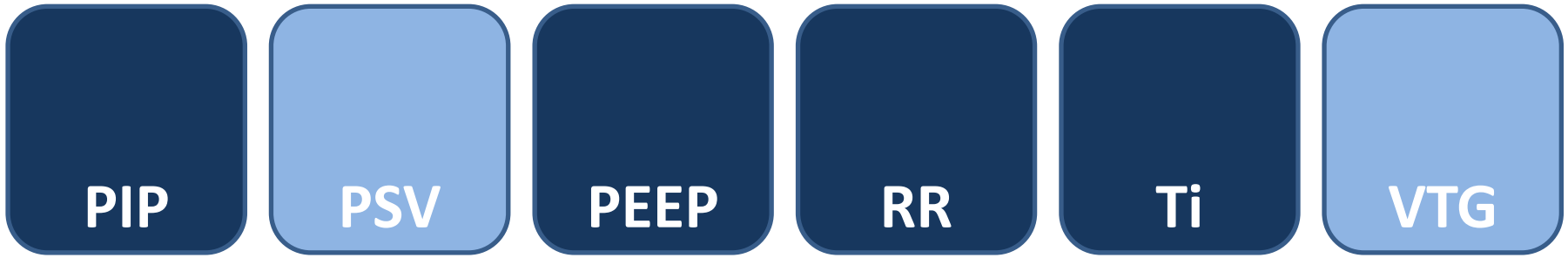
הנשמה מגינה על הראות

הנשמה פולשנית במטרה להגן על הראות – 3 עקרונות:

- השתמש/י בשיטת VG או HFOV
- הפחת/י תמטים עם PEEP מתאים (לא נמוך מדיי)
- אקסטובציה בהקדם האפשרי

פרמטרים במכונת ההנשמה

- **PEEP** - Positive End Expiratory Pressure =
  לחץ חיובי בסוף נשיפה
- **PIP** – Peak Inspiratory Pressure =
  לחץ השיא בזמן השאיפה
- **Ti** – "**I-time**" – Inspiratory Time – זמן שאיפה
- **RR** – Respiratory Rate = מספר נשימות לדקה



פרמטרים במכונת ההנשמה

- Paw - (MAP) - Mean Airway Pressure =
  לחץ ממוצע בדרכי האויר
- TV - VTE - tidal volume = נפח נשימה אחת
- Te - "E-time" - expiratory time = זמן נשיפה

Paw | VTE | Te

Lung protective invasive ventilation

השתמש/י בשיטת VG או HFOV

הפחת/י תמטים עם PEEP מתאים (לא נמוך מדיי)

אקסטובציה בהקדם האפשרי

PEEP

Positive End Expiratory Pressure

לחץ חיובי בסוף הוצאת האויר

חשוב בכל שיטת הנשמה !

PEEP

שיטות הנשמה "קונבנציונאלית"

Pressure limited:

נקבעים לחצים קבועים, נפח הנשימה הניתן עלול להשתנות מנשימה לנשימה

Volume targeted:

המכונה משנה את הלחץ כדי להגיע לנפח נשימה ~ קבוע

Conventional time-cycled, pressure-limited ventilation

מה אנחנו קובעים ? –

- PEEP (~ 4-6 ס"מ מים)
- PIP (~ משתנה - מקסימום (?!) 25 ס"מ מים)
- Ti (~ 0.22-0.4 - תלוי ב RR) בד"כ 0.26-0.35
- RR (~ מקסימום 60 לדקה)

מה אנחנו **לא** קובעים – ויכול להשתנות מנשימה לנשימה ?

- Tidal Volume (TV) - נפח הנשימה

Conventional time-cycled, pressure-limited ventilation

אוורור (פינוי CO_2):

Minute alveolar ventilation !

Minute ventilation = TV x RR

= min. [alveolar+dead-space] ventilation

Conventional time-cycled, pressure-limited ventilation

אוורור (פינוי CO_2):

Minute ventilation = TV x RR

Conventional time-cycled, pressure-limited ventilation

אוורור (פינוי CO_2):

Minute ventilation = TV x RR

מושפע מ:

PIP - PEEP

RR

לכן - כדי לשפר אוורור (אם CO_2 גבוה) :

PIP ↑

PEEP ↓

RR ↑

Conventional time-cycled, pressure-limited ventilation

חמצון :

מושפע מ:

Mean airway pressure = Paw (MAP)

לשיפור חמצון: להעלאת Paw :

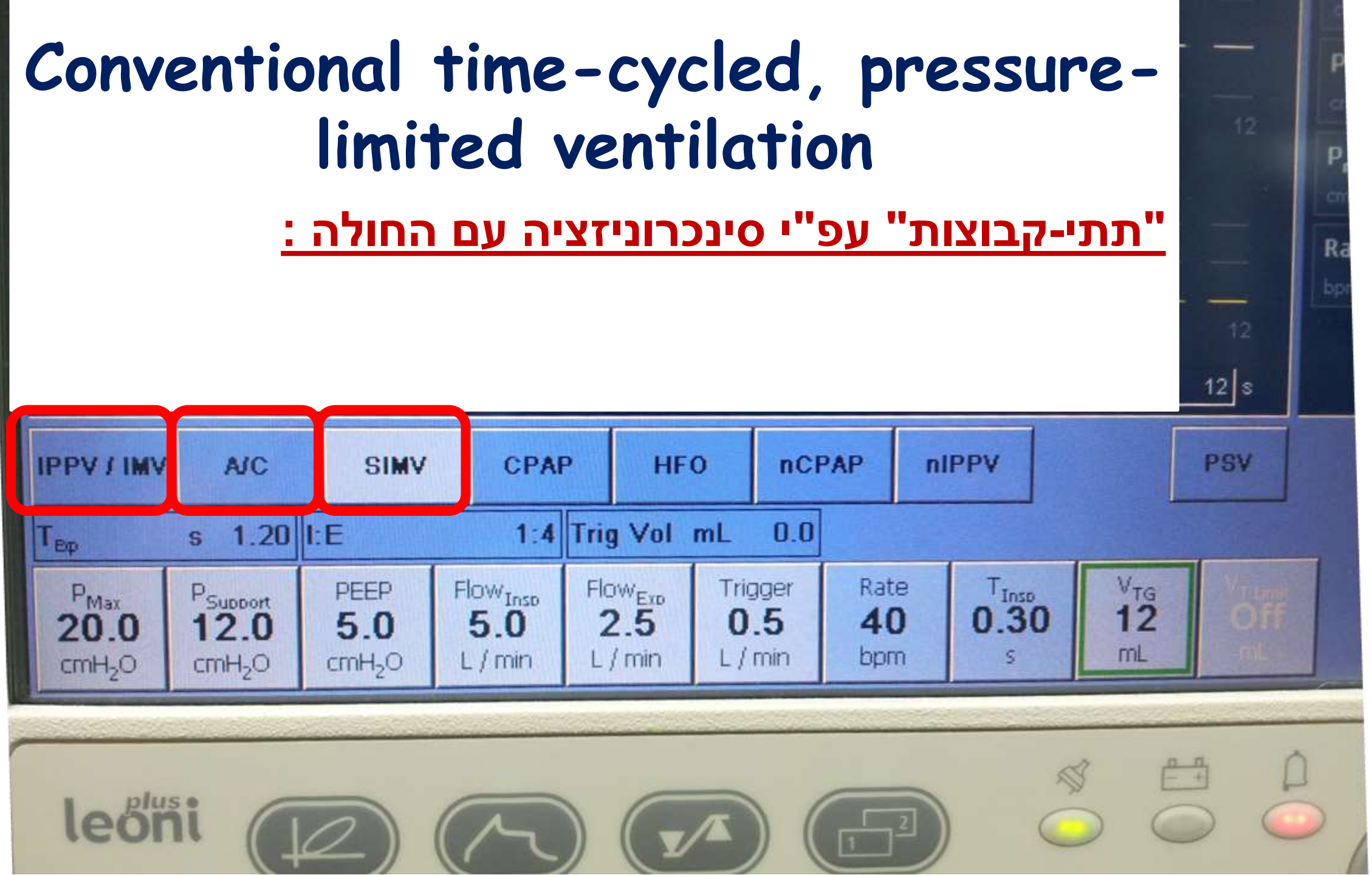
PIP ↑

PEEP ↑

RR/Ti ↑ (פחות)

Conventional time-cycled, pressure-limited ventilation

"תתי-קבוצות" עפ"י סינכרוניזציה עם החולה :



Conventional time-cycled, pressure-limited ventilation

"תתי-קבוצות" עפ"י סינכרוניזציה עם החולה :

- **IMV – intermittent mandatory ventilation**

נשימות ומרווח קבועים עפ"י ה RR שקבענו- **בלי קשר לנשימות החולה**

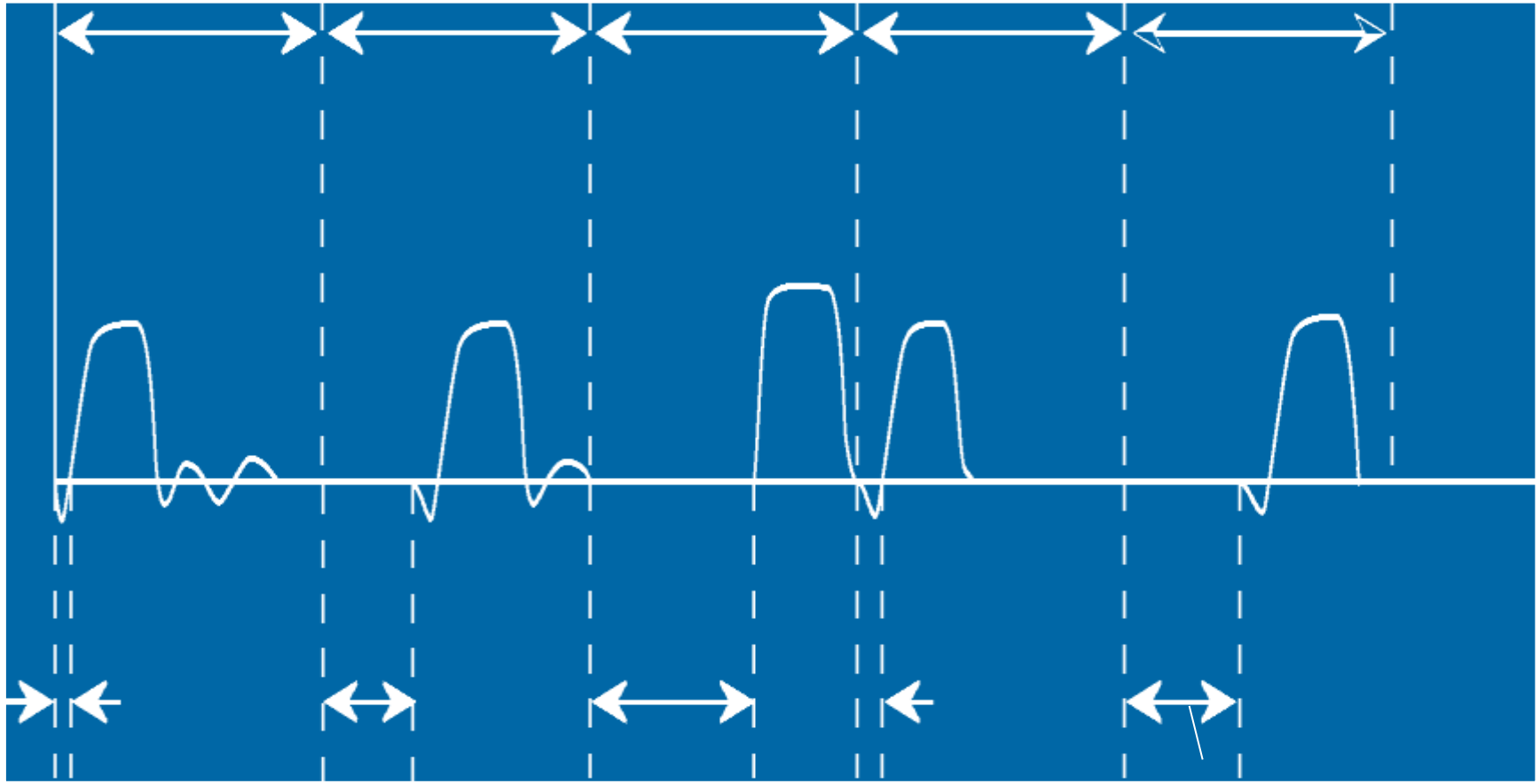
- **A/C – assist control (=PTV)**

כל נשימה עצמונית מקבלת full support עם מינימום נשימות עפ"י RR

- **SIMV – synchronized intermittent mandatory ventilation**

מקבל support רק למספר הנשימות שקבענו (RR) אבל – "מחכה" לנשימה עצמונית בחלון זמן - כדי לסנכרן את הנשימה עם החולה

SIMV - synchronized intermittent mandatory ventilation



אין תמיכה בנשימות ספונטניות מעבר לקצב שנקבע (RR)!!

(נשימה ספונטנית ללא תמיכה – מעלה מאמץ נשימתי?)

Synchronized (A/C or SIMV) VS. IMV
הנשמה מסונכרנת מול לא מסונכרנת

Cochrane Library 2016, Issue 9.

Cochrane Database of Systematic Reviews

Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants (Review)

Greenough A, Rossor TE, Sundaresan A, Murthy V, Milner AD

Synchronized (A/C or SIMV) VS. IMV
הנשמה מסונכרנת מול לא מסונכרנת

- פחות זמן על מכונת ההנשמה (בממוצע 1.5 ימים פחות)
- מעלה "נוחות" – פחות נשמת, פחות צורך בהרגעה
- <u>לא</u> הוכח כמוריד BPD / תמותה / חזה אויר / IVH

A/C VS. SIMV

Cochrane Library 2016, Issue 9.

Cochrane Database of Systematic Reviews

Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants (Review)

Greenough A, Rossor TE, Sundaresan A, Murthy V, Milner AD

A/C VS. SIMV

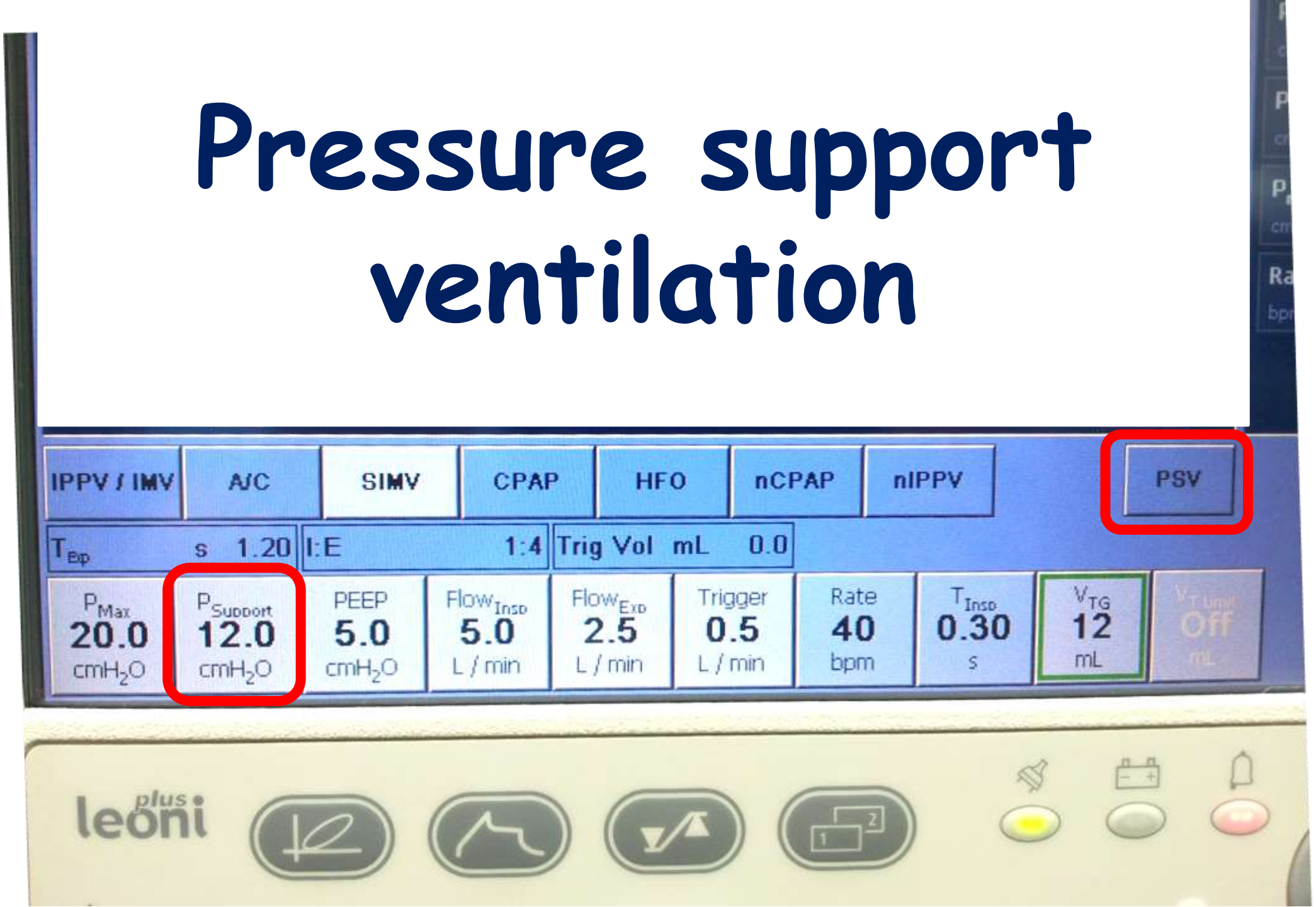
Cochrane Library 2016, Issue 9.

- אין מידע על BPD

Comparison 4. ACV vs SIMV

Outcome or subgroup title	No. of studies	No. of partici-pants	Statistical method	Effect size
4.1 Duration of weaning (hours)	3	120	Mean Difference (IV, Fixed, 95% CI)	-42.38 [-94.35, 9.60]
4.2 Weaning failure	3	120	Risk Ratio (M-H, Fixed, 95% CI)	0.78 [0.31, 1.93]
4.3 Extubation failure	3	120	Risk Ratio (M-H, Fixed, 95% CI)	1.00 [0.37, 2.67]
4.4 Air leaks	3	120	Risk Ratio (M-H, Fixed, 95% CI)	0.80 [0.23, 2.83]
4.4.1 Total air leaks	3	120	Risk Ratio (M-H, Fixed, 95% CI)	0.80 [0.23, 2.83]

Pressure support ventilation



Pressure support ventilation Flow cycled

- הנשמה **התומכת בכל נשימה ספונטנית בלבד**
- יכולה להיות בשימוש כשיטה **לבד** או **בשילוב עם SIMV**

מה אנחנו קובעים ? –

- **PEEP** (~ 4-6 ס"מ מים)
- **כמה PIP ניתן** (כמספר או אחוז מ PIP אם בשילוב עם SIMV)
- **MAX Ti** **התינוק קובע בעצמו את ה Ti שלו**

Pressure support ventilation

בתור שיטה יחידה להנשמה :

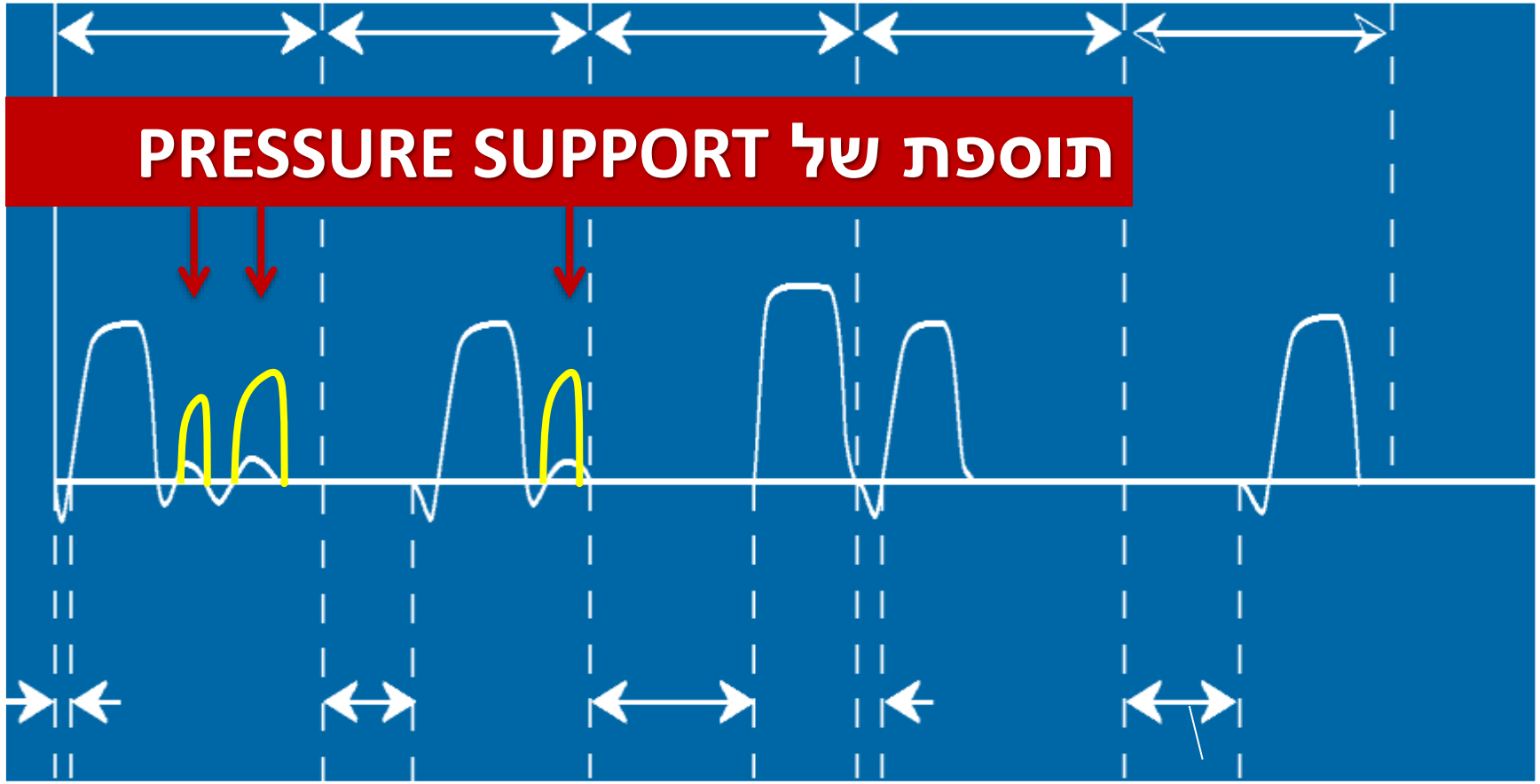
- רק בילוד נושם (כל הנשימות מתחילות ע"י החולה)
- "מבחן" לפני אקסטובציה ?
- למה לא רק PEEP ?

Pressure support ventilation

בשילוב עם SIMV (SIMV+PSV)

- למה צריך את זה ? :
  - ב SIMV קובעים קצב נשימה לדקה (RR)
  - בכל נשימה מעבר לRR שנקבע – **המכונה לא עוזרת**

SIMV - synchronized intermittent mandatory ventilation



PSV תומך בנשימות ספונטניות מעבר לקצב שנקבע

PEDIATRICS®

OFFICIAL JOURNAL OF THE AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS

Randomized, Controlled Trial Comparing Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation and Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation Plus Pressure Support in Preterm Infants

Zenaida C. Reyes, Nelson Claure, Markus K. Tauscher, Carmen D'Ugard, Silvia Vanbuskirk and Eduardo Bancalari

Pediatrics 2006;118;1409-1417
DOI: 10.1542/peds.2005-2923

סיכום המאמר -

- ילדים על PSV+SIMV לעומת SIMV בלבד –
  - פחות ימים על הנשמה !!
  - פחות ימים עם תוספת חמצן !!

107 פגים 500-1000 גר : מונשמים בשבוע הראשון

54 – SIMV+PSV

SIMV - 53

– לא משנה ל BPD

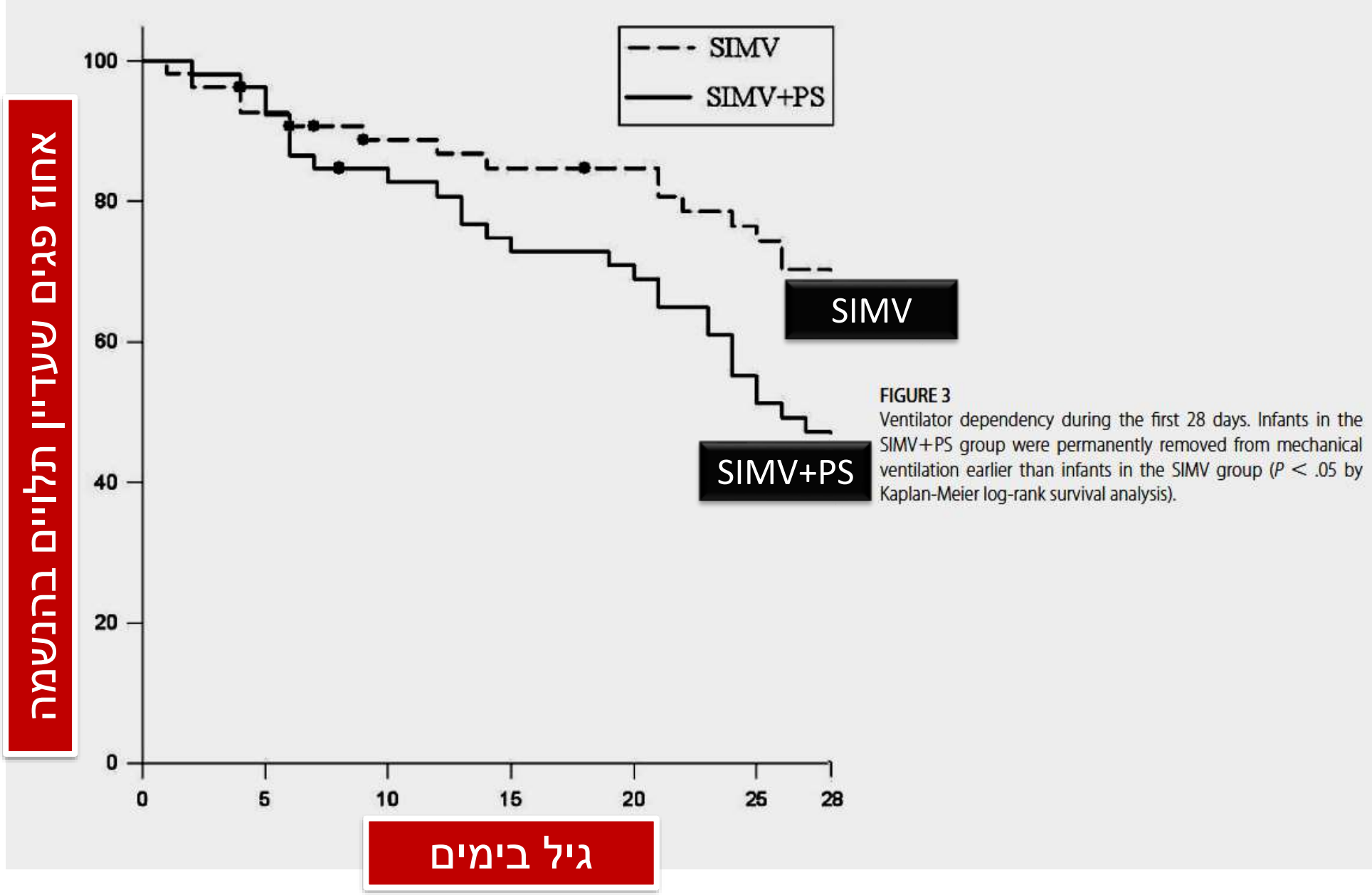


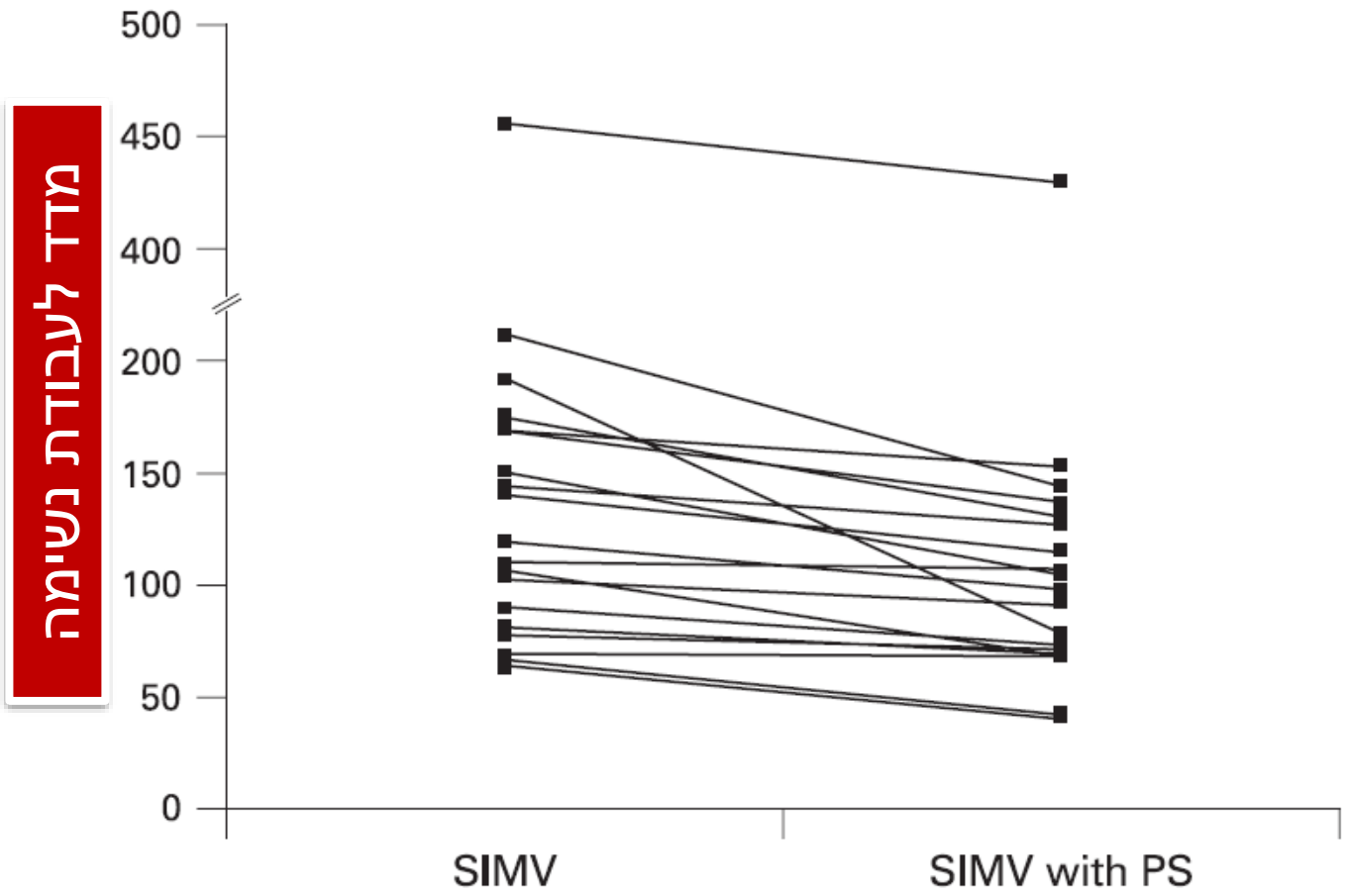
FIGURE 3
Ventilator dependency during the first 28 days. Infants in the SIMV+PS group were permanently removed from mechanical ventilation earlier than infants in the SIMV group ($P < .05$ by Kaplan-Meier log-rank survival analysis).

Work of breathing during SIMV with and without pressure support

D-S Patel, G F Rafferty, S Lee, S Hannam, A Greenough

Work of breathing during SIMV with and without pressure support

D-S Patel, G F Rafferty, S Lee, S Hannam, A Greenough



Work of breathing during SIMV with and without

Table 1 PTPdi and blood gas results by ventilation mode

	SIMV	SIMV with pressure support	p Value
PTPdi (cm H_2O.s/min)	141 (93)	112 (85)	<0.001
pH	7.32 (0.05)	7.32 (0.07)	0.9
$Paco_2$ (kPa)	5.9 (1.3)	6.0 (1.6)	0.55
Pao_2 (kPa)	8.6 (2.6)	8.5 (1.8)	0.78
Infant respiratory rate (bpm) (supported and unsupported breaths)	64 (13)	55 (11)	0.001

Pao_2, arterial oxygen tension; $Paco_2$, arterial carbon dioxide tension; PTPdi, transdiaphragmatic pressure time product; SIMV, synchronised intermittent mandatory ventilation. The results are presented as mean (SD).

לסיכום –תוספת PSV ולמה זה טוב?

- נותן תמיכה מהמכונה **על כל נשימה מעבר** לזו שנותנת לנשימות של ה SIMV

- **מקטין עבודת נשימה**

- יכול **להפחית ימי הנשמה וימי מתן חמצן**

- אין מחקרים RCT <u>גדולים</u> שמוכיחים את יתרון השיטה

Volume Targeted Ventilation

הנשמה ב~נפח קבוע

Volume Targeted Ventilation

מה אנחנו קובעים ? –

- **PEEP** (~ 4-6 ס"מ מים)
- **Tidal Volume (TV)** (~ 4-6 מ"ל לק"ג)
- **Ti** (~ 0.22-0.4 - תלוי ב RR)
- **RR** (~ מקסימום 60 לדקה)
- **Max PIP** (בד"כ ~ 20-25 ס"מ מים)

מה אנחנו לא קובעים – ויכול להשתנות מנשימה לנשימה ?

- **PIP**- לחץ בשיא השאיפה

Volume Targeted Ventilation (VTV)

- **Pressure-regulated volume control (PRVC)**
- **Volume-assured pressure support (VAPS)**
- **Volume guarantee ventilation (VG)**
- כל השיטות דורשות : **Flow Sensor**

Volume Targeted Ventilation

- איך בוחרים במכונת ההנשמה –
- **בוחרים SIMV או A/C**
- **קובעים נפח נשימה ב"V_{TG}"**
- **דוגמא : SIMV+VG+PSV, AC+VG , SIMV PRVC+PS**

Volume Targeted Ventilation

אוורור (פינוי CO_2):

Minute ventilation = TV x RR

מושפע מ:

TV

RR

לכן - כדי לשפר אוורור (אם CO_2 גבוה) :

TV ↑

RR ↑

שינוי PEEP לא ישפיע !!!

Volume Targeted Ventilation

חמצון :

מושפע מ:

Mean airway pressure = Paw (MAP)

לשיפור חמצון: להעלאת Paw :

TV ↑

PEEP ↑

RR/Ti ↑ (פחות)

מה עדיף – הנשמה בנפח או בלחץ?

עקרונות הנשמה מגינה על הראות בהנשמה קונבנציונאלית

- השתמש/י בנפח נשימה (tidal volume) של **4-7 ml/kg**
- השתמש/י בשיטת **VG** אם זמינה.
- הפחת/י תמטים עם **PEEP** מתאים (לא נמוך מדיי)
- **אקסטובציה** בהקדם האפשרי

Seminars in Fetal & Neonatal Medicine 22 (2017) 267–274

Contents lists available at ScienceDirect

Seminars in Fetal & Neonatal Medicine

journal homepage: www.elsevier.com/locate/siny

ניפוח יתר של הראות הוא המנגנון העיקרי בו הנשמה פוגעת בראות. שיטת ההנשמה המוכחת כמורידה פגיעה בראות היא הנשמה בנפח – Volume targeted ventilation

- Excessive tidal volume/lung overdistention are the most important elements of ventilator-associated lung injury; volume-targeted ventilation is an evidence-based approach to reduce lung injury.

- Excessive tidal volume/lung overdistention are the most important elements of ventilator-associated lung injury; volume-targeted ventilation is an evidence-based approach to reduce lung injury.

Review

Protecting the premature brain: current evidence-based strategies for minimising perinatal brain injury in preterm infants

Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2017;**102**:F176–F182.

Table 1 Impact on rates of adverse neurodevelopmental outcome for specified interventions

Intervention	Outcome affected
Antenatal steroids	IVH (all grades)
Magnesium sulfate in labour	
Deferred cord clamping	
Caffeine	CP (all severities 12–22 months) Cognitive delay (18–22 months)
Prophylactic indomethacin	IVH (Grades 3 and 4) Ventriculomegaly, PVL or other white matter echo-abnormalities
Volume ventilation	PVL and IVH (Grades 3 and 4)

AOR, adjusted OR; CP, cerebral palsy; IVH, intraventricular haemorrhage; PVL, periventricular leukomalacia; RR, relative risk.

שיטות/התערבויות מוכחות
כמורידות פגיעה מוחית בפגים

מה עדיף – הנשמה בנפח או בלחץ?

Chest wall restriction limits high airway pressure-induced lung injury in young rabbits

LUCRECIA A. HERNANDEZ, KEITH J. PEEVY,
ALICIA A. MOISE, AND JAMES C. PARKER
Departments of Physiology and Pediatrics, College of Medicine, University of South Alabama, Mobile, Alabama 36688

Copyright © 1989 the American Physiological Society

PIP=20
PEEP=5

מעטפת
לבית החזה

מי פיתחו יותר CLD
(מחלת ראות כרונית) ?

Volutrauma VS. Barotrauma

CLD

No CLD

Cochrane Library

Cochrane Database of Systematic Reviews

Cochrane Database of Systematic Reviews 2017, Issue 10

Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in neonates (Review)

Klingenberg C, Wheeler KI, McCallion N, Morley CJ, Davis PG

Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in the neonate (Review)

Wheeler K, Klingenberg C, McCallion N, Morley CJ, Davis PG

Cochrane Database of Systematic Reviews 2017, Issue 10

- כל המאמרים מסוג ניסוי אקראי מבוקר (Randomized controlled trial) משנת 1996 ועד 2017 המשוים בין שיטות ההנשמה

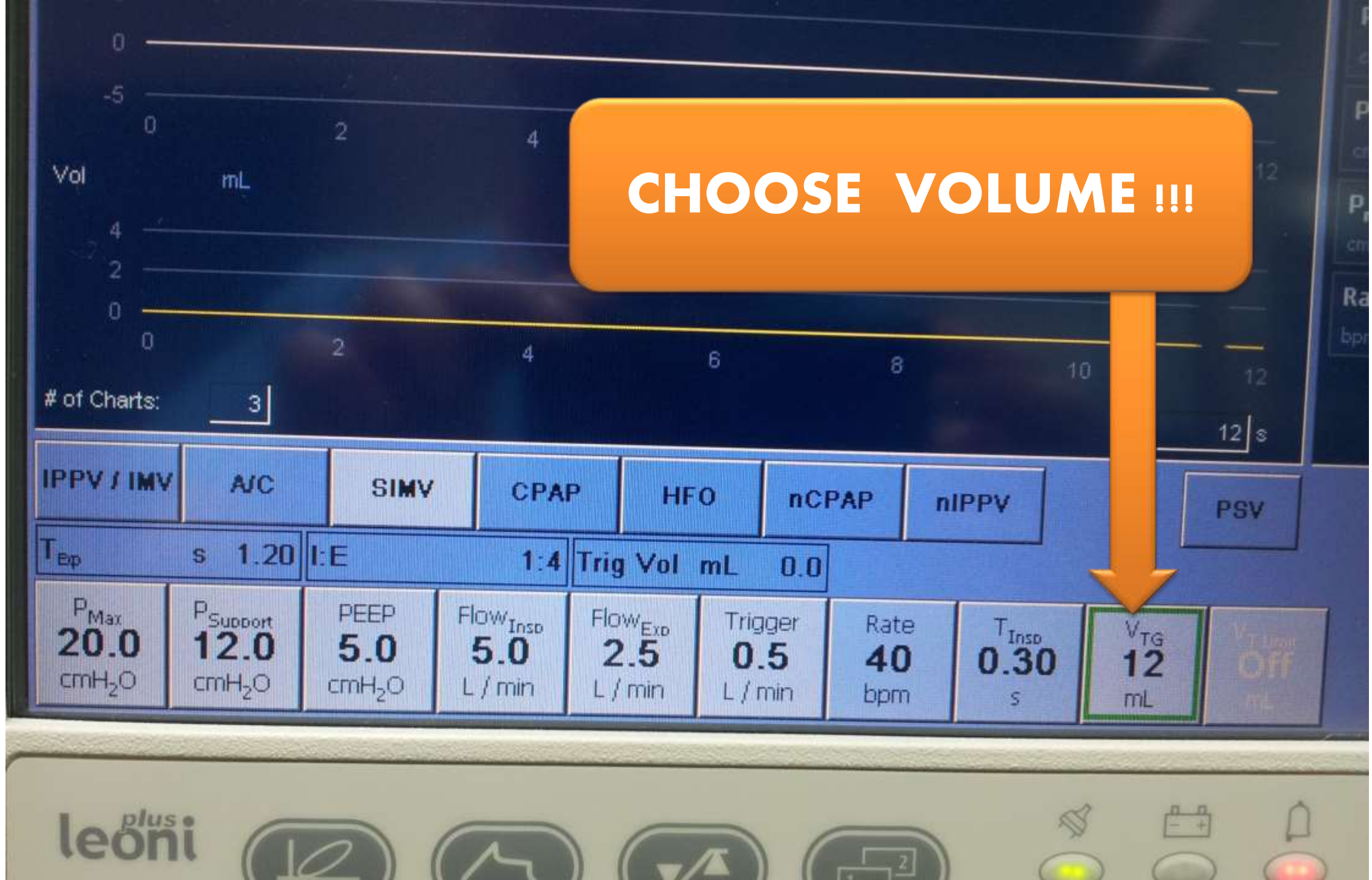
- סה"כ נמצאו 20 מחקרים מתאימים אשר כללו 977 פגים

השימוש בהנשמה בנפח מוביל לירידה ב :

- בשכיחות של BPD, השילוב של תמותה או BPD (הסיכון היחסי=0.73), כאשר מספר הנדרשים לטיפול (NNT) הוא 8

- בשיעורי חזה אויר (NNT=20), ימי הנשמה, מצבים של CO2 נמוך מ 35mmHg (NNT=3) ובשילוב של PVL ו IVH דרגות 3-4 (NNT=11)

- לא זוהה כל חיסרון בשימוש בשיטת ההנשמה בנפח מול הנשמה בלחץ.


CHOOSE VOLUME !!!
Vol
mL
# of Charts:
3
IPPV / IMV
A/C
SIMV
CPAP
HFO
nCPAP
nIPPV
PSV
T Exp s 1.20
I:E 1:4
Trig Vol mL 0.0
P Max 20.0 cmH2O
P Support 12.0 cmH2O
PEEP 5.0 cmH2O
Flow Insp 5.0 L / min
Flow Exp 2.5 L / min
Trigger 0.5 L / min
Rate 40 bpm
T Insp 0.30 s
V TG 12 mL
Off
leoni plus

כמה נפח V_t לתת ?

לא יותר מדיי ולא פחות מדיי...

The New England
Journal of Medicine

© Copyright, 2000, by the Massachusetts Medical Society

VOLUME 342 MAY 4, 2000 NUMBER 18

VENTILATION WITH LOWER TIDAL VOLUMES AS COMPARED WITH TRADITIONAL TIDAL VOLUMES FOR ACUTE LUNG INJURY AND THE ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME

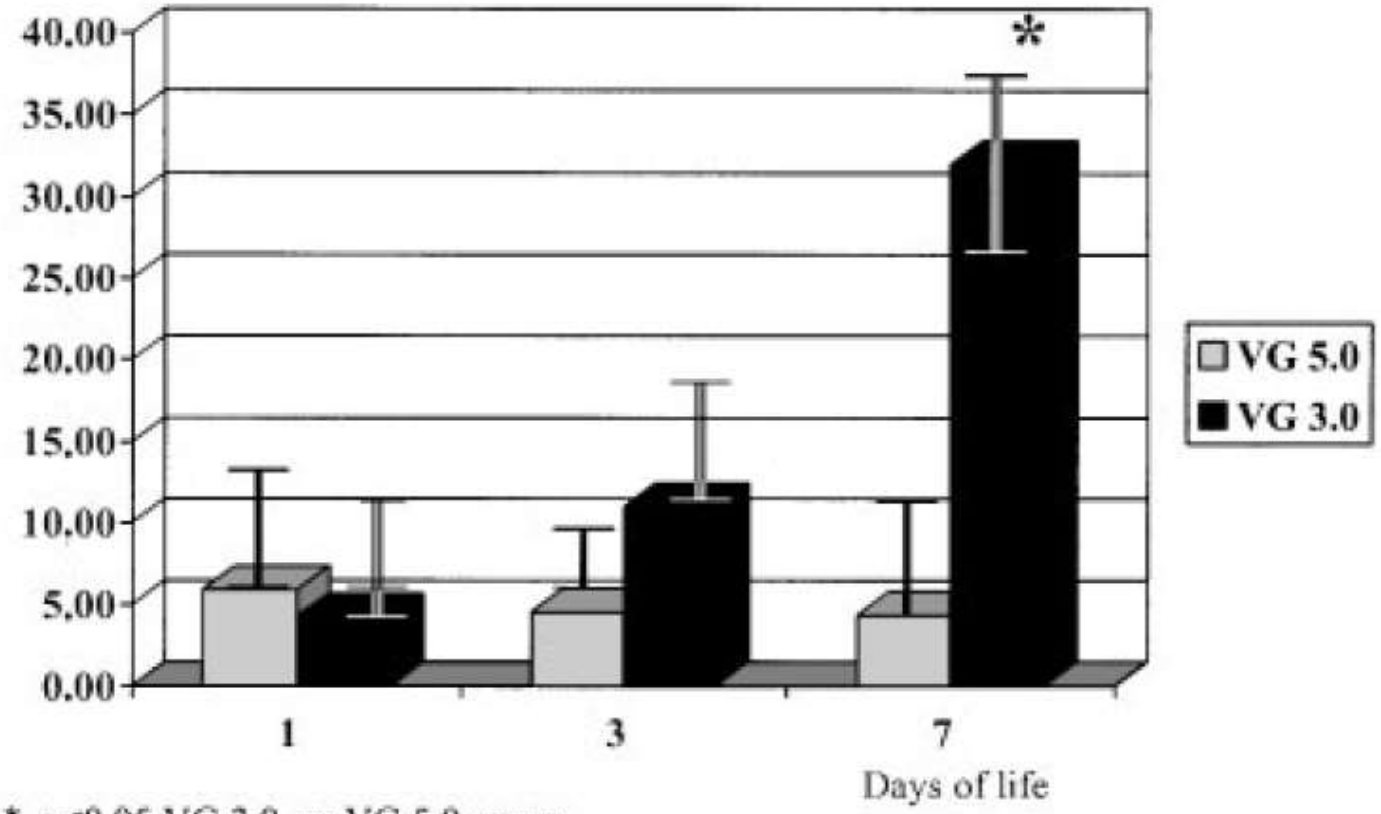
THE ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME NETWORK*

- מבוגרים עם ARDS
- הנשמה ב TV של 12מ"ל מול 6 מ"ל לק"ג
- הופסק באמצע בשל **יותר תמותה** עם נפחים יותר גדולים

Pediatric Pulmonology 41:357–363 (2006)

Lung Inflammation in Preterm Infants With Respiratory Distress Syndrome: Effects of Ventilation With Different Tidal Volumes

IL 8 ng/ml → דלקת → BPD ?



* p<0.05 VG 3.0 vs VG 5.0 group

עם כמה נפח V_t להתחיל ?

<u>RDS</u> – 4-6 ml/kg

<u>BPD</u> - 5-8 ml/kg

LEAK

- 30% > ?
- 50% > ?

רה-אינטובציה עם טובוס גדול יותר ?

אקסטובציה ?

לעבור להנשמה בלחץ ?

להמשיך הנשמה בנפח (אלגוריתם מפצה במכונה)

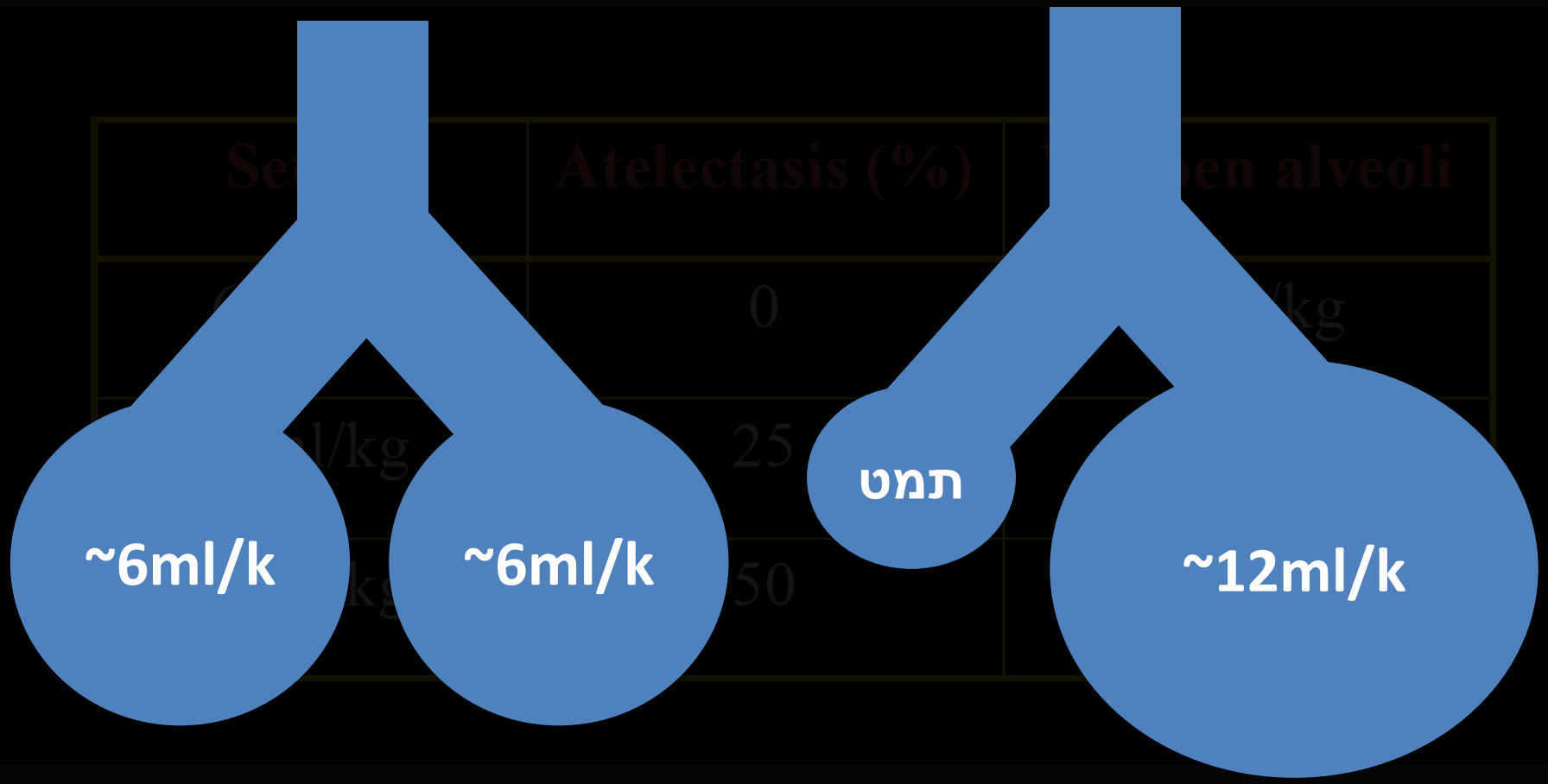
Lung protective invasive ventilation

- השתמש/י בנפח נשימה (tidal volume) של **4-7 ml/kg**
- השתמש/י בשיטת **VG** אם זמינה.
- הפחת/י תמטים עם **PEEP** מתאים (לא נמוך מדיי)
- **אקסטובציה** בהקדם האפשרי

atelectrauma : נזק מתמט
גם דרך ניפוח יתר

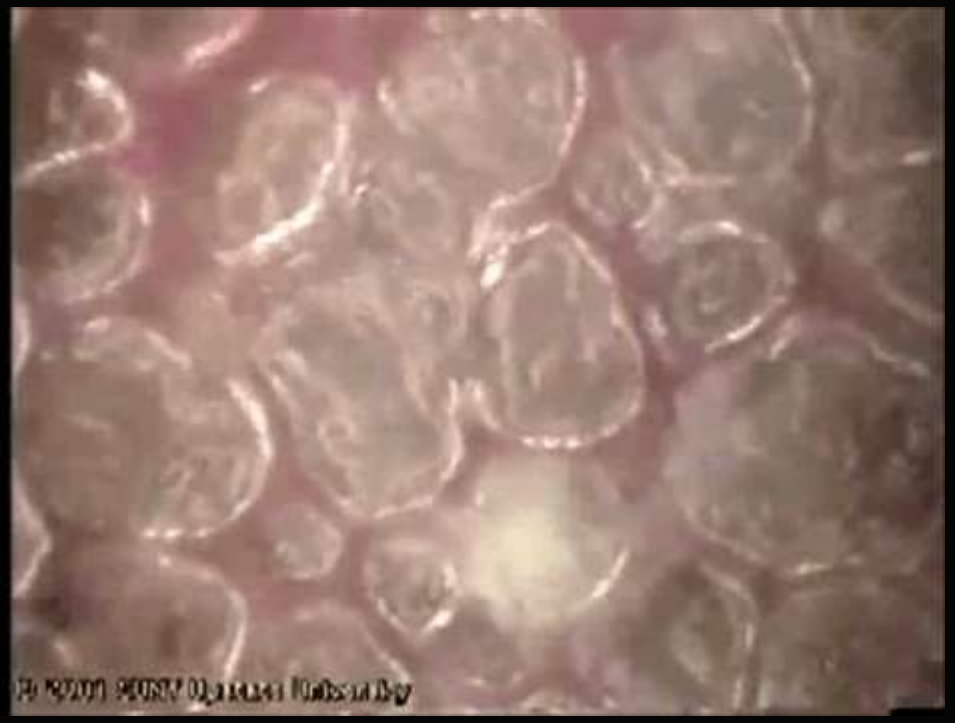
Set Vt	Atelectasis (%)	Vt open alveoli
6 ml/kg	0	6 ml/kg
6 ml/kg	25	8 ml/kg
6 ml/kg	50	12 ml/kg

atelectrauma : נזק מתמט
גם דרך ניפוח יתר



Atelectrauma

Optimal PEEP



Tv= 6ml/kg

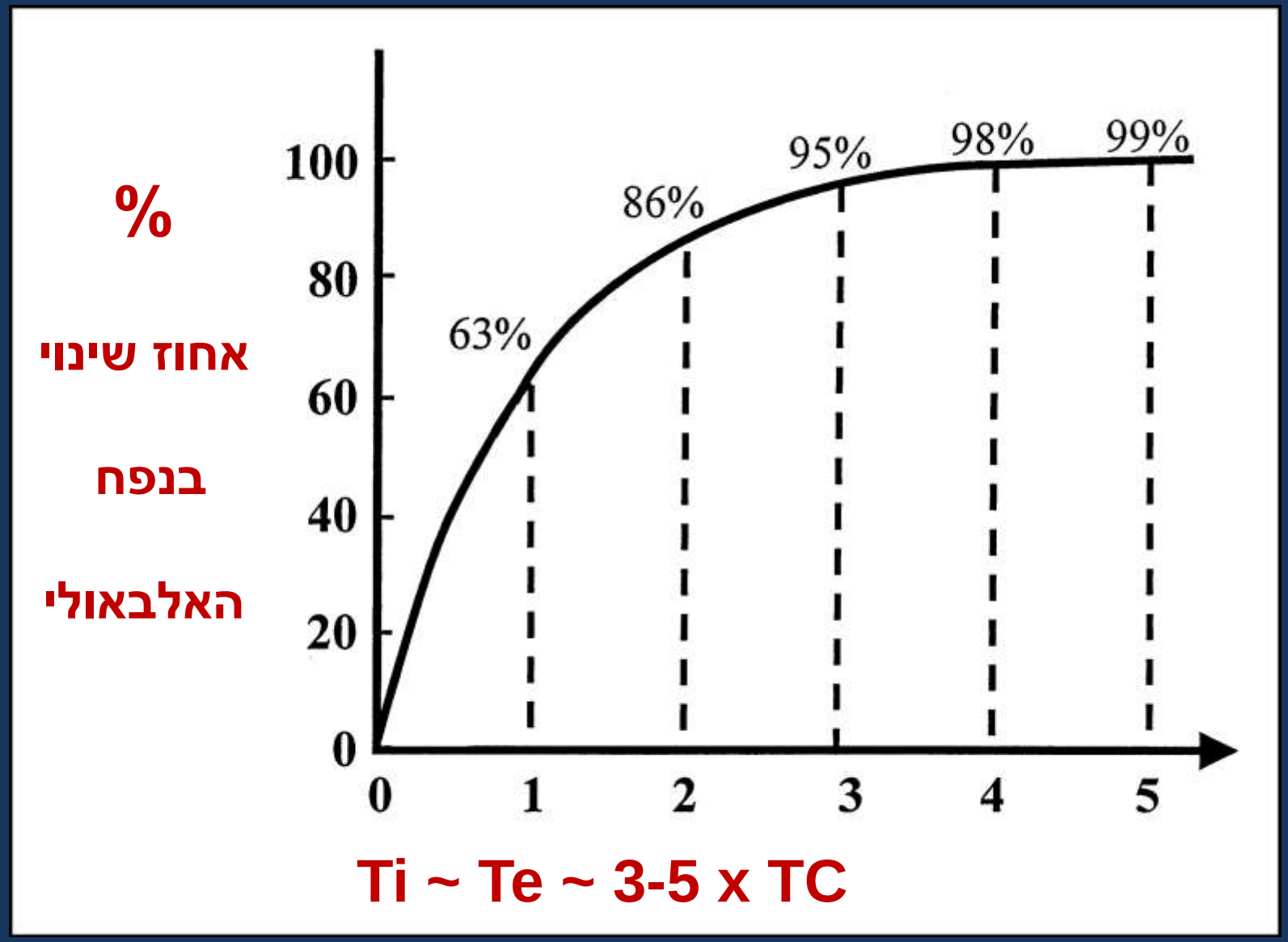
Low PEEP

Tv= 6ml/kg

איך ננשים ב RDS ?

- Vt = ?
- RR = ?
- Ti ≤ ?
- [PEEP]

מה העיקרון ?



Time constant (TC) = Compliance (C) X Resistance (R)

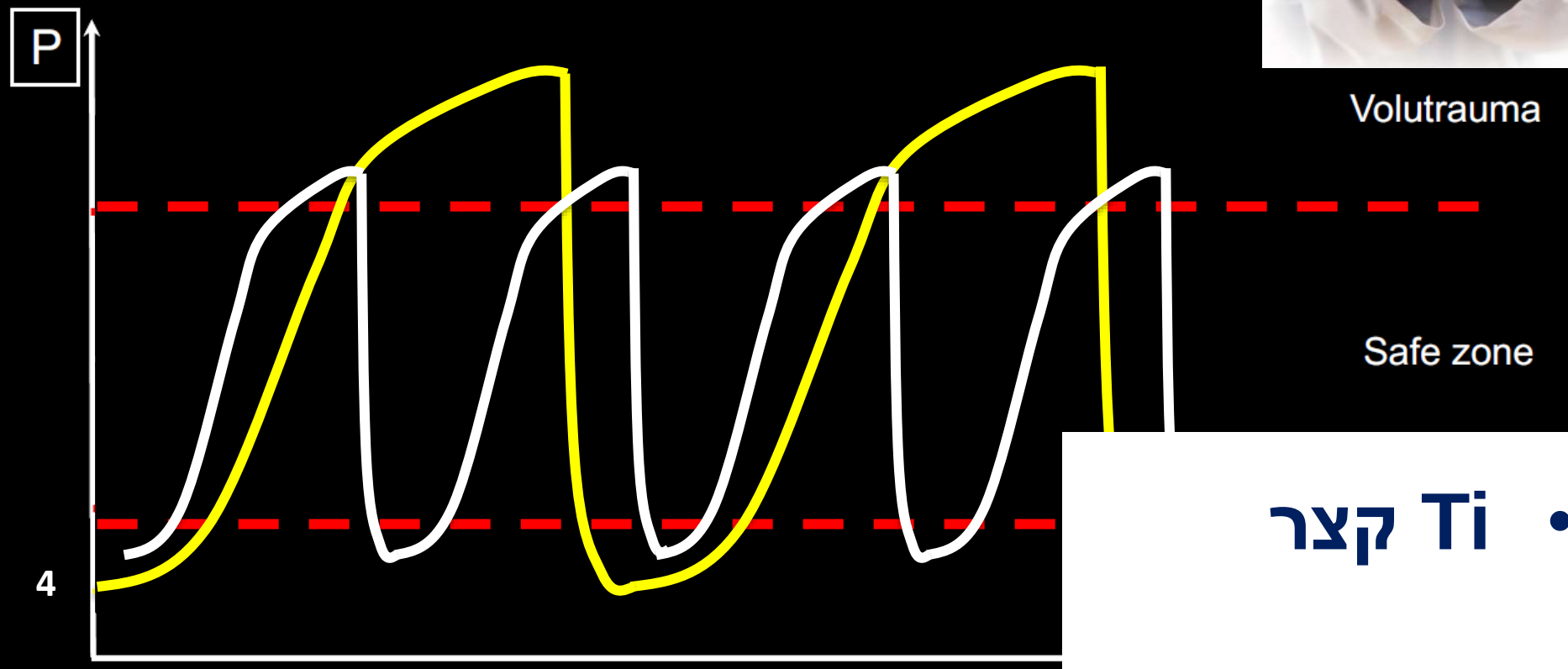
זמן שלוקח ל 63% מנפח האלבאולים להיכנס/לצאת

איך ננשים ב RDS ?

- Vt = 4-6 ml/kg
- RR = 50-60 /min
- Ti ≤ 0.30
- [PEEP]
- (Time constant (**TC**) = low **C** X normal **R**)

- **הענות↓ ← מאפשר Ti קצר**
- **מאפשר RR גבוה**
- **מאפשר לחצים/נפחים קטנים (שמירה על הריאה)**

איך ננשים ב RDS ?

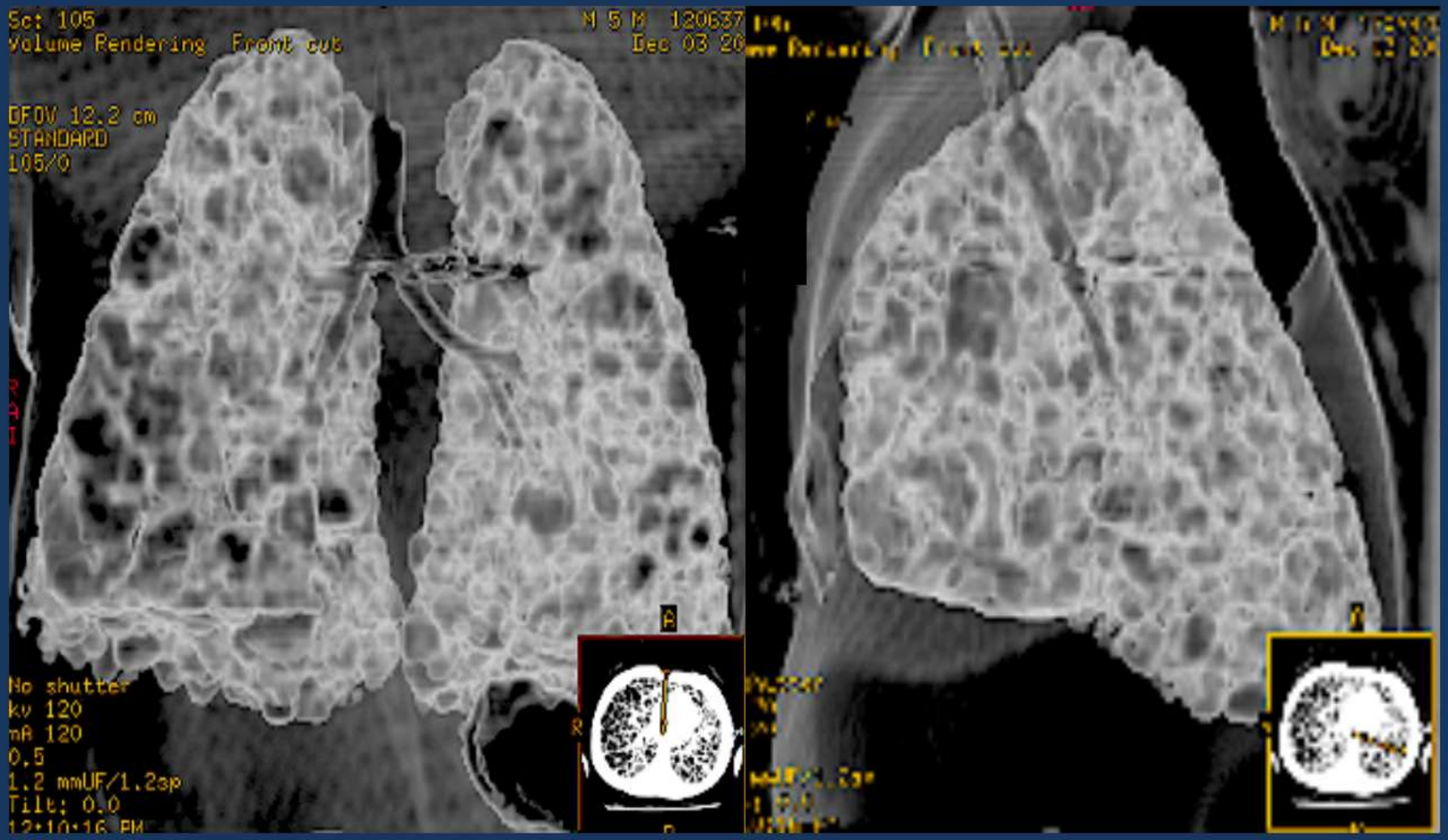


- Ti קצר
- נפחים קטנים
- RR גבוה

Severe BPD

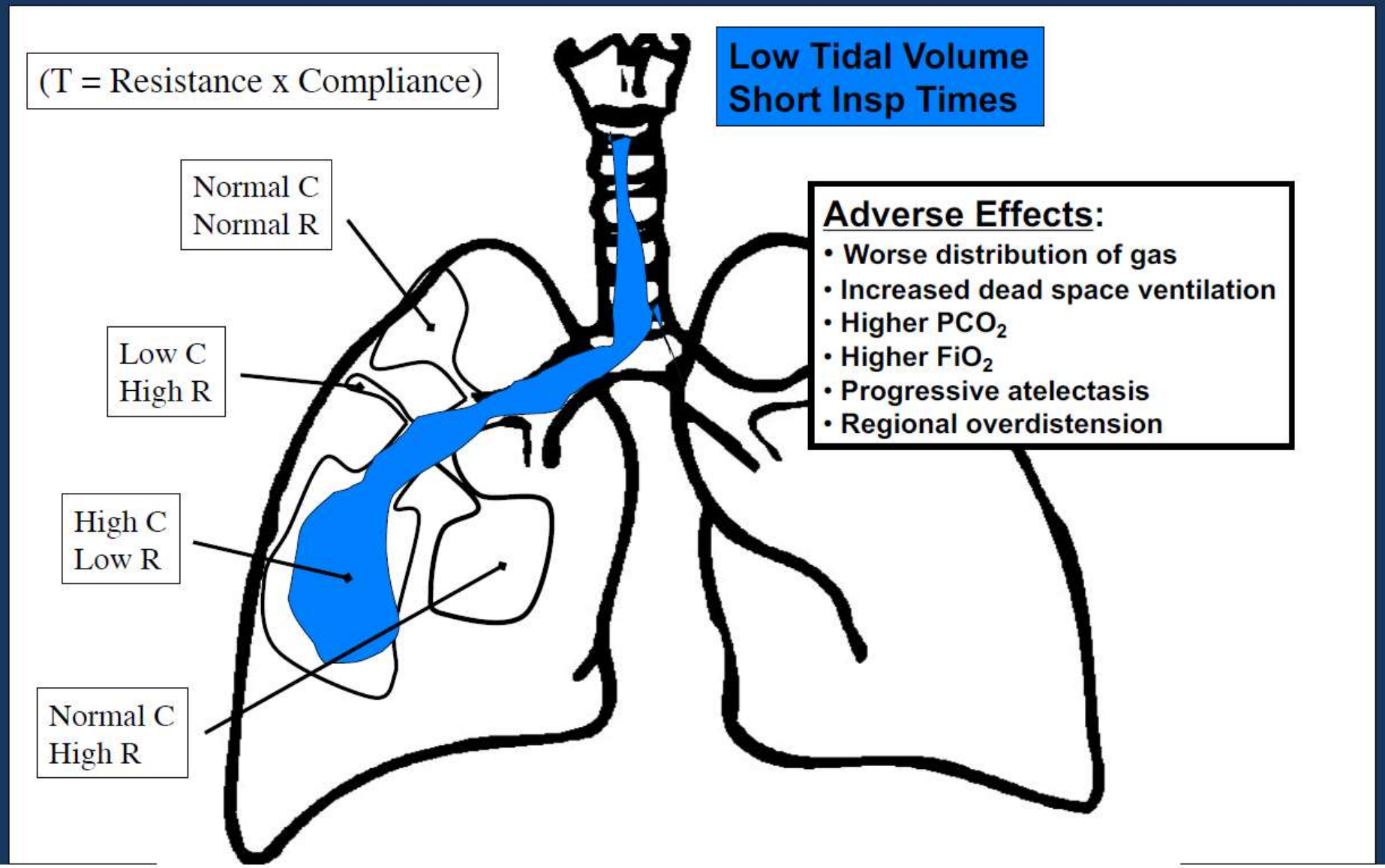
Severe Bronchopulmonary Dysplasia

(GA 25 weeks, BW 698 g, oligohydramnious; CT at 6 months)

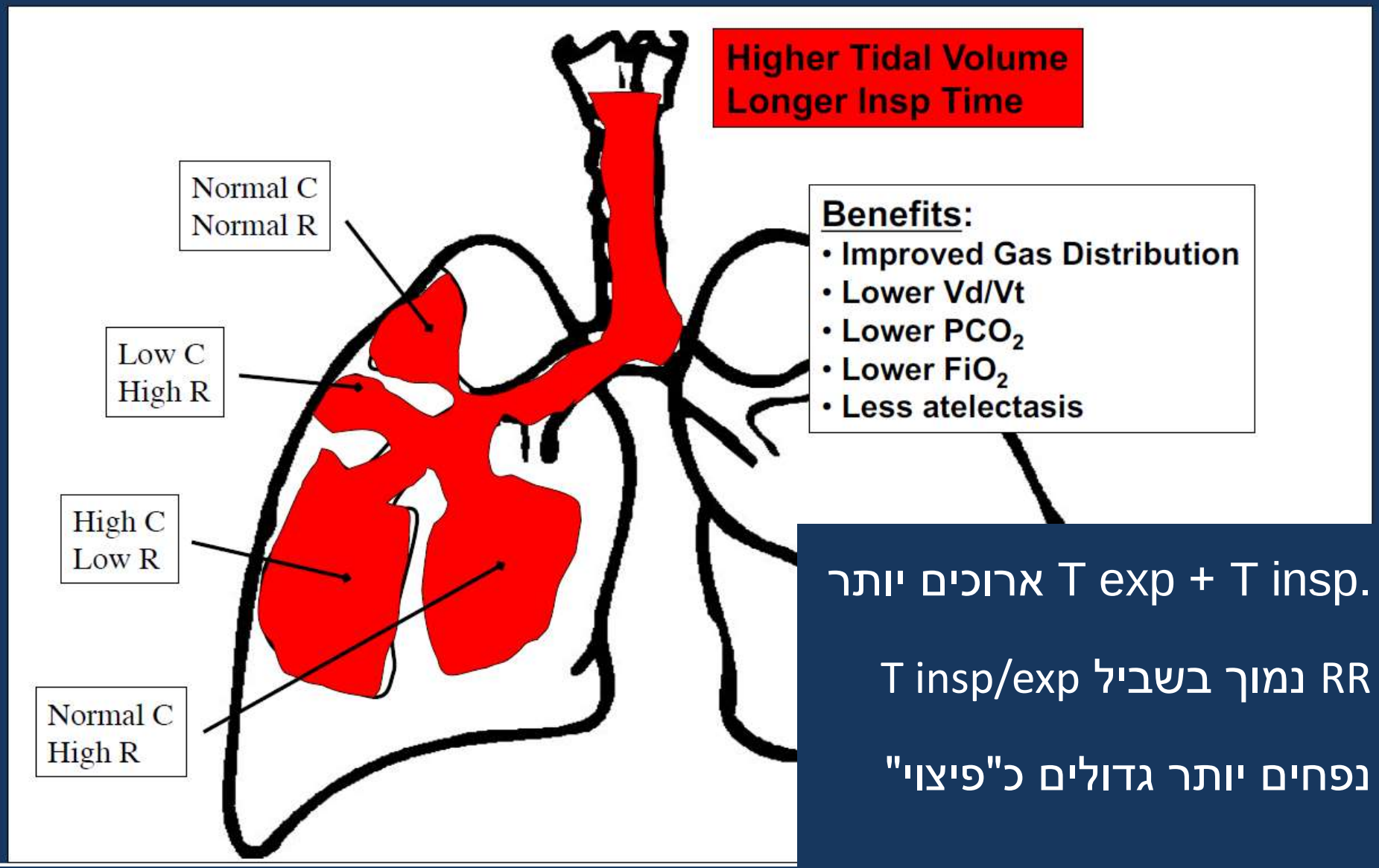


(Robert Castile, Columbus Children's Hospital)

Heterogeneity of Lung Disease in Established BPD: Role of Variable Time Constants



Heterogeneity of Lung Disease in Established BPD: Role of Variable Time Constants



- T exp + T insp. ארוכים יותר
- RR נמוך בשביל T insp/exp
- נפחים יותר גדולים כ"פיצוי"

?

AC+VG

vs.

SIMV VG+ PSV

Specialist neonatal respiratory care for babies born preterm

NICE guideline [NG124] Published: 03 April 2019

Invasive ventilation techniques in the neonatal unit

1.2.7 For preterm babies who need invasive ventilation, use volume-targeted ventilation (VTV) in combination with synchronised ventilation as the primary mode of respiratory support. If this is not effective, consider high-frequency oscillatory ventilation (HFOV).

1.2.8 For preterm babies who need invasive ventilation but VTV and HFOV are not available or not suitable, consider synchronised intermittent mandatory ventilation (SIMV).

1.2.9 Do not use synchronised pressure-limited ventilation such as assist control (AC), synchronised intermittent positive pressure ventilation (SIPPV), patient-triggered ventilation (PTV), pressure support ventilation (PSV) or synchronised time-cycled pressure-limited ventilation (STCPLV).

?

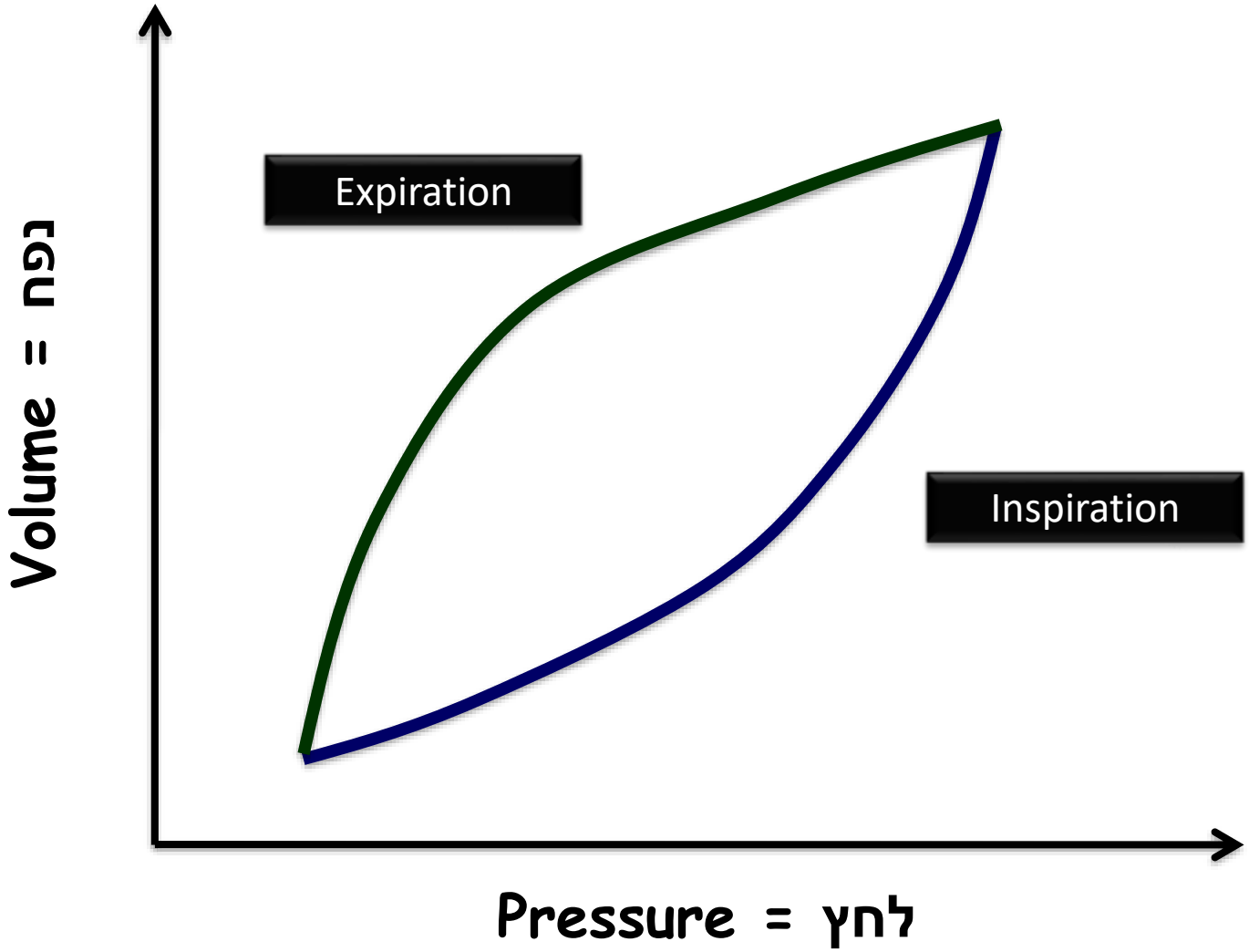
AC+VG

vs.

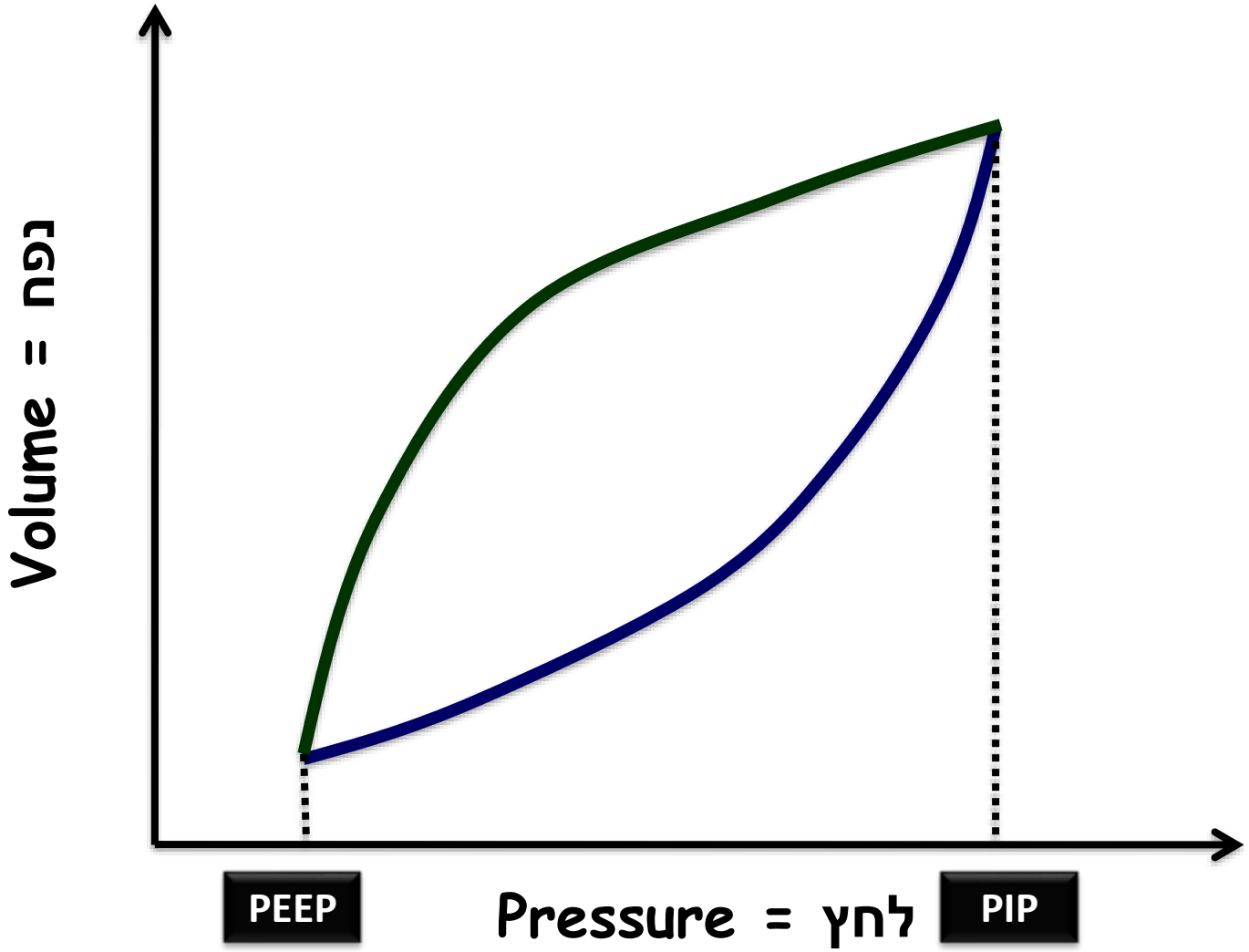
PSV AC VG (?)

מה עוד מאפשר ה
FLOW SENSOR ?

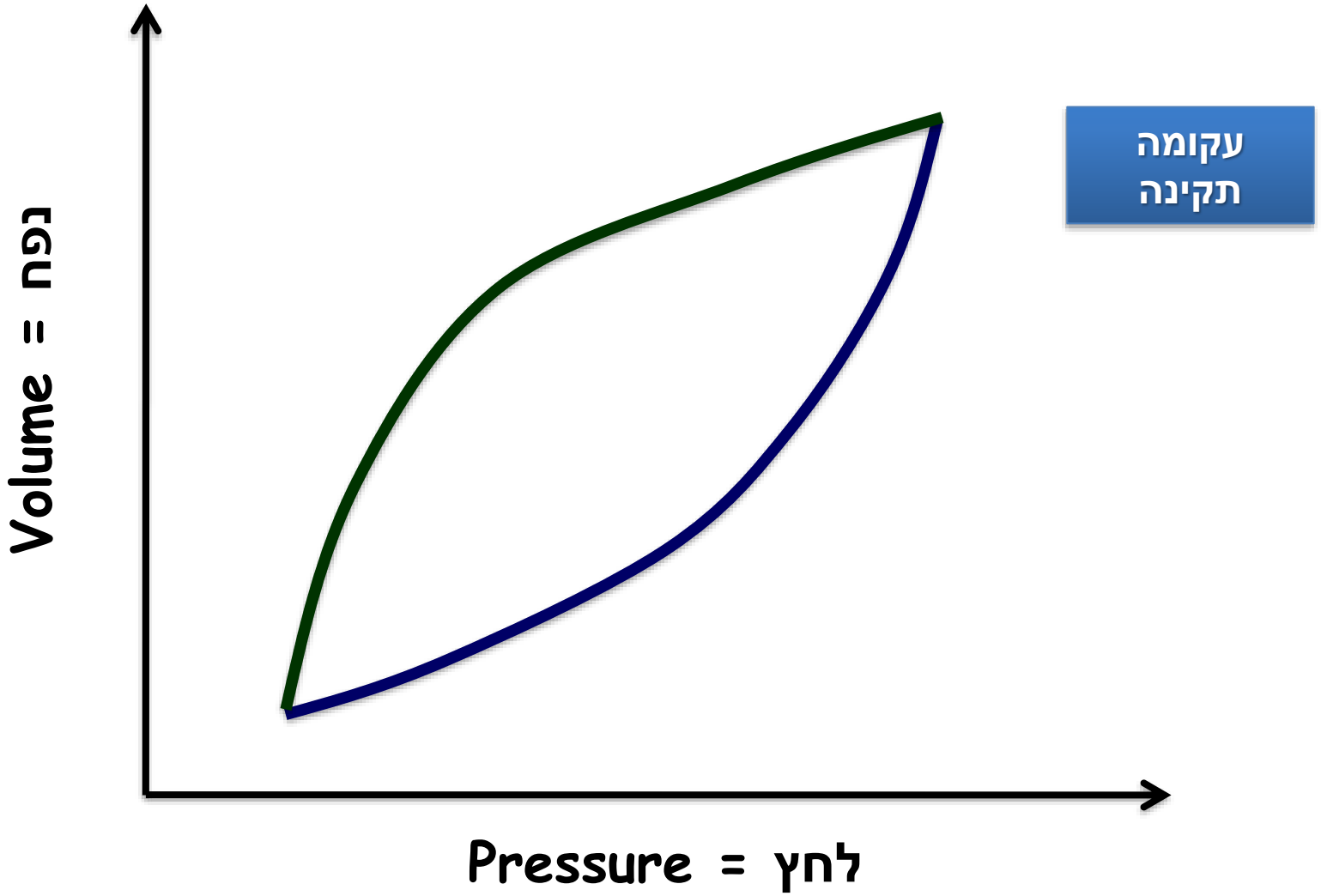
Volume pressure loops



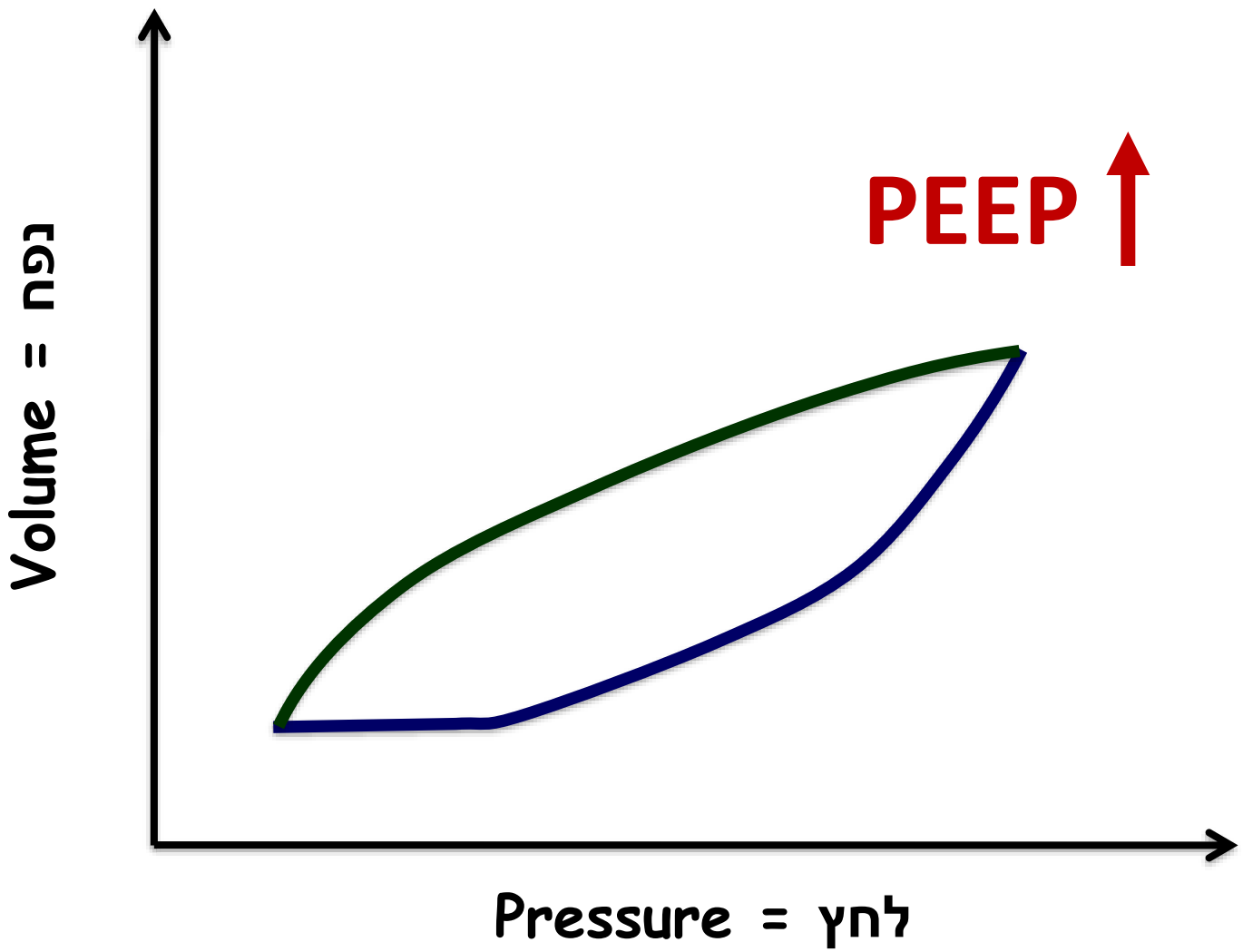
Volume pressure loops



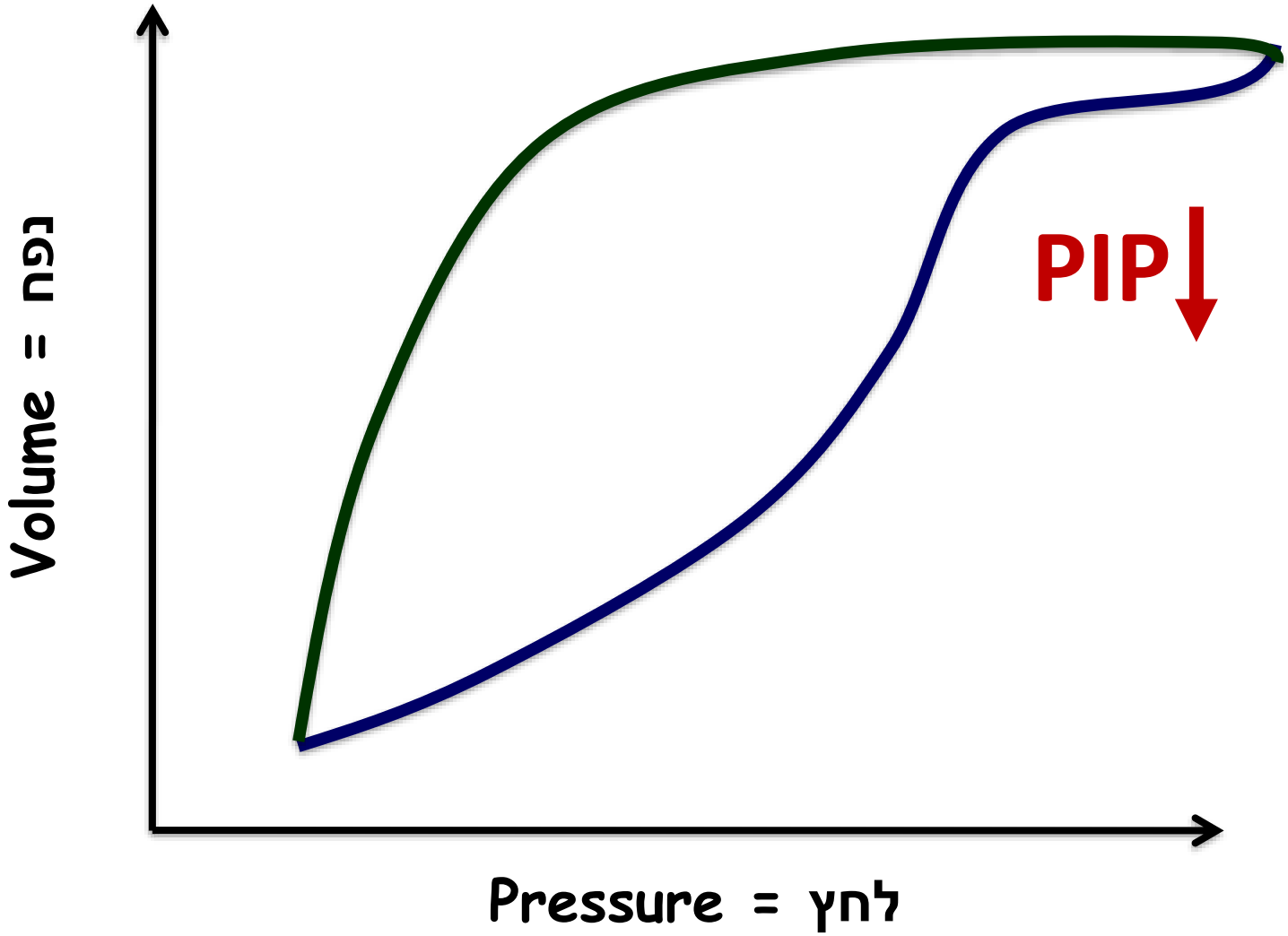
Volume pressure loops



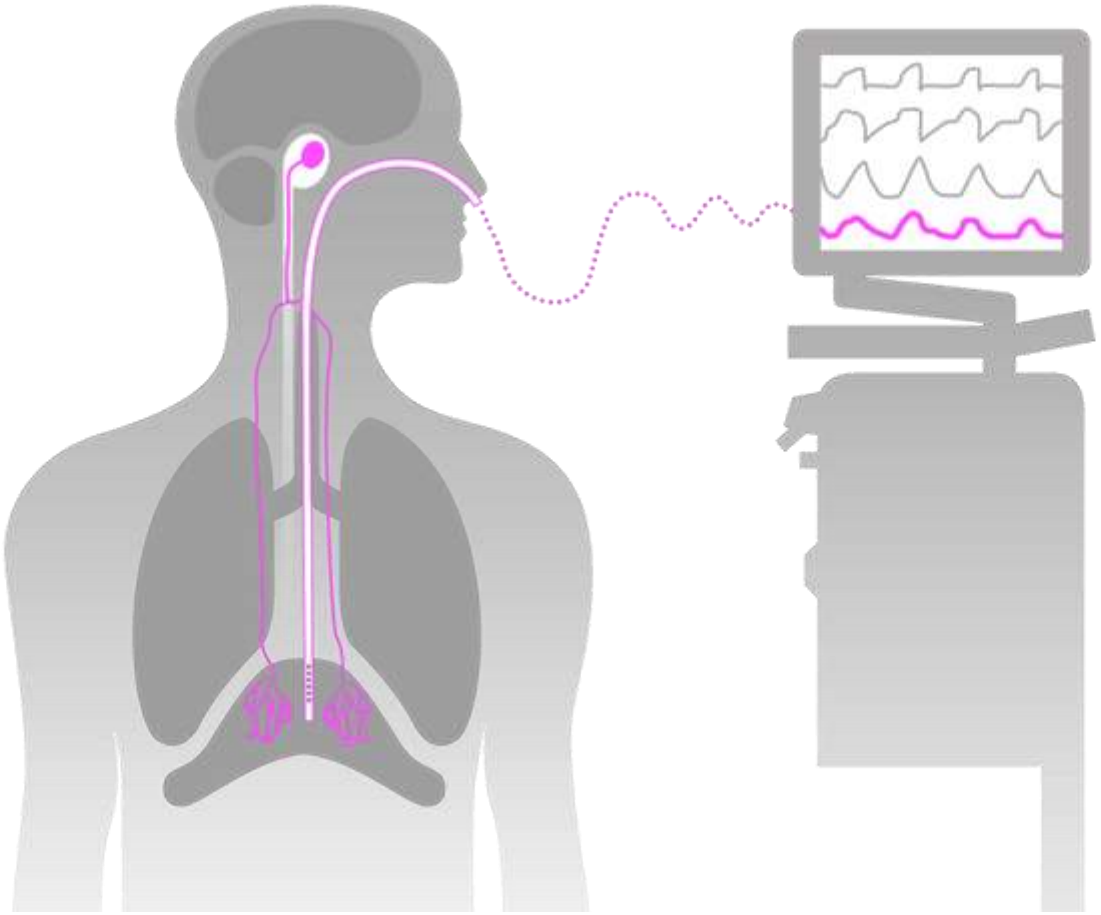
Volume pressure loops



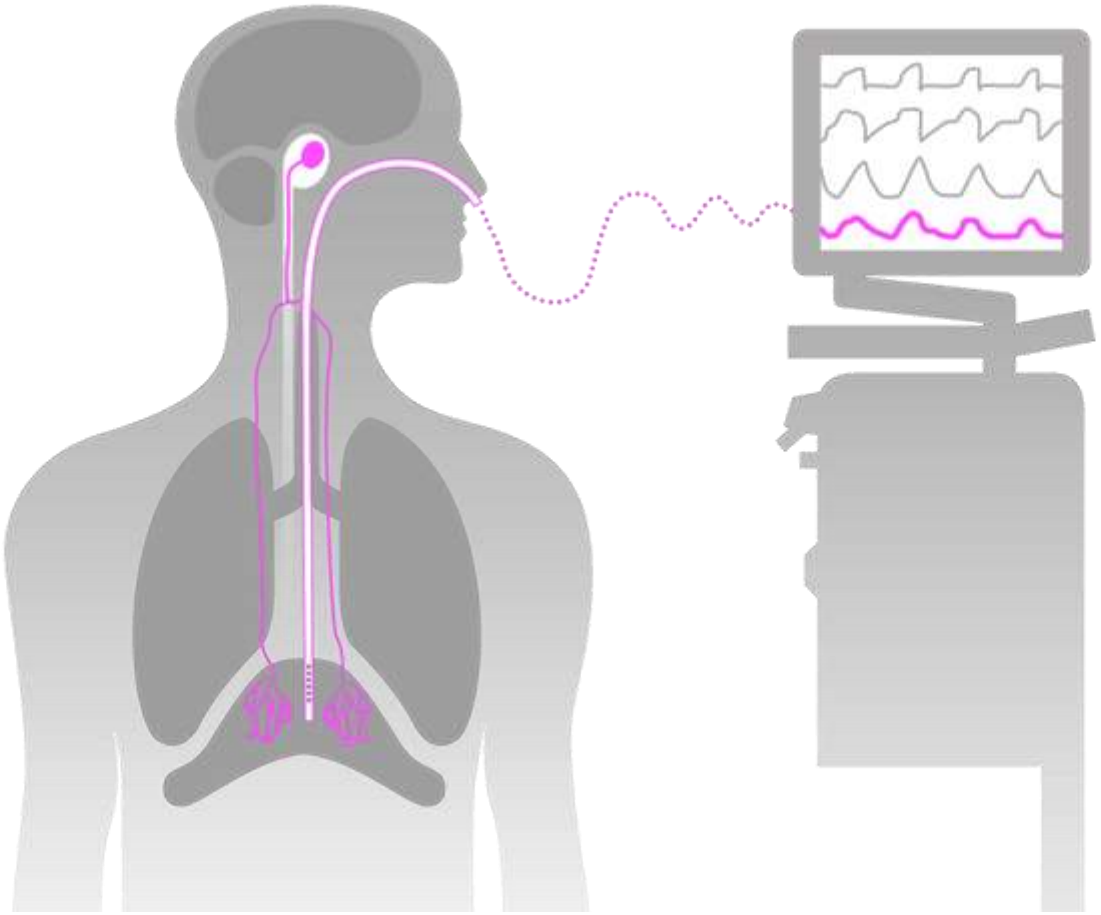
Volume pressure loops



תודה !



Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA)

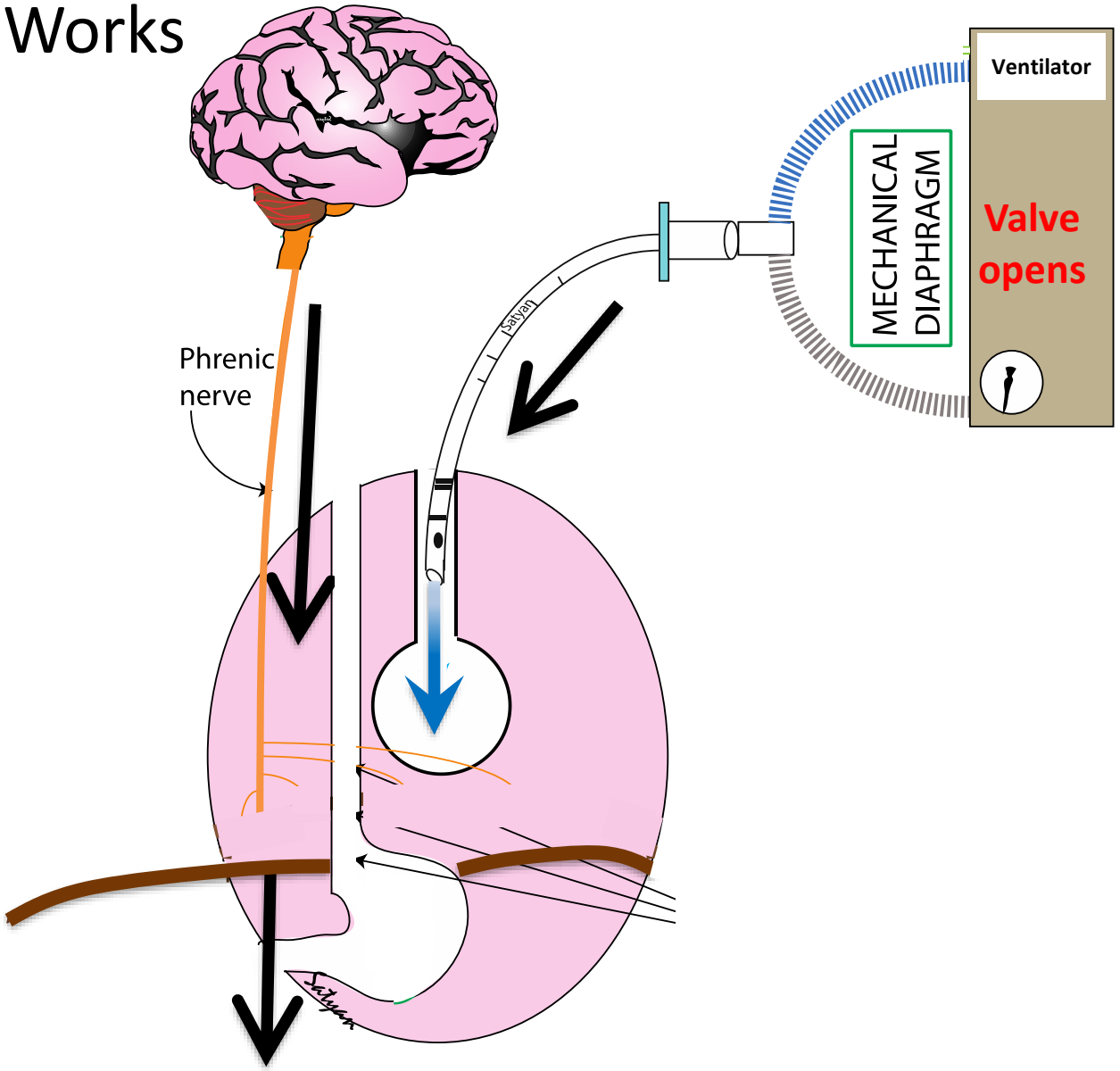


העיקרון – סינכרון ההנשמה עם התינוק

How Flow Trigger Works

מסונכרן עבור:
תחילת שאיפה

מגיב ל:
מאמץ נשימתי

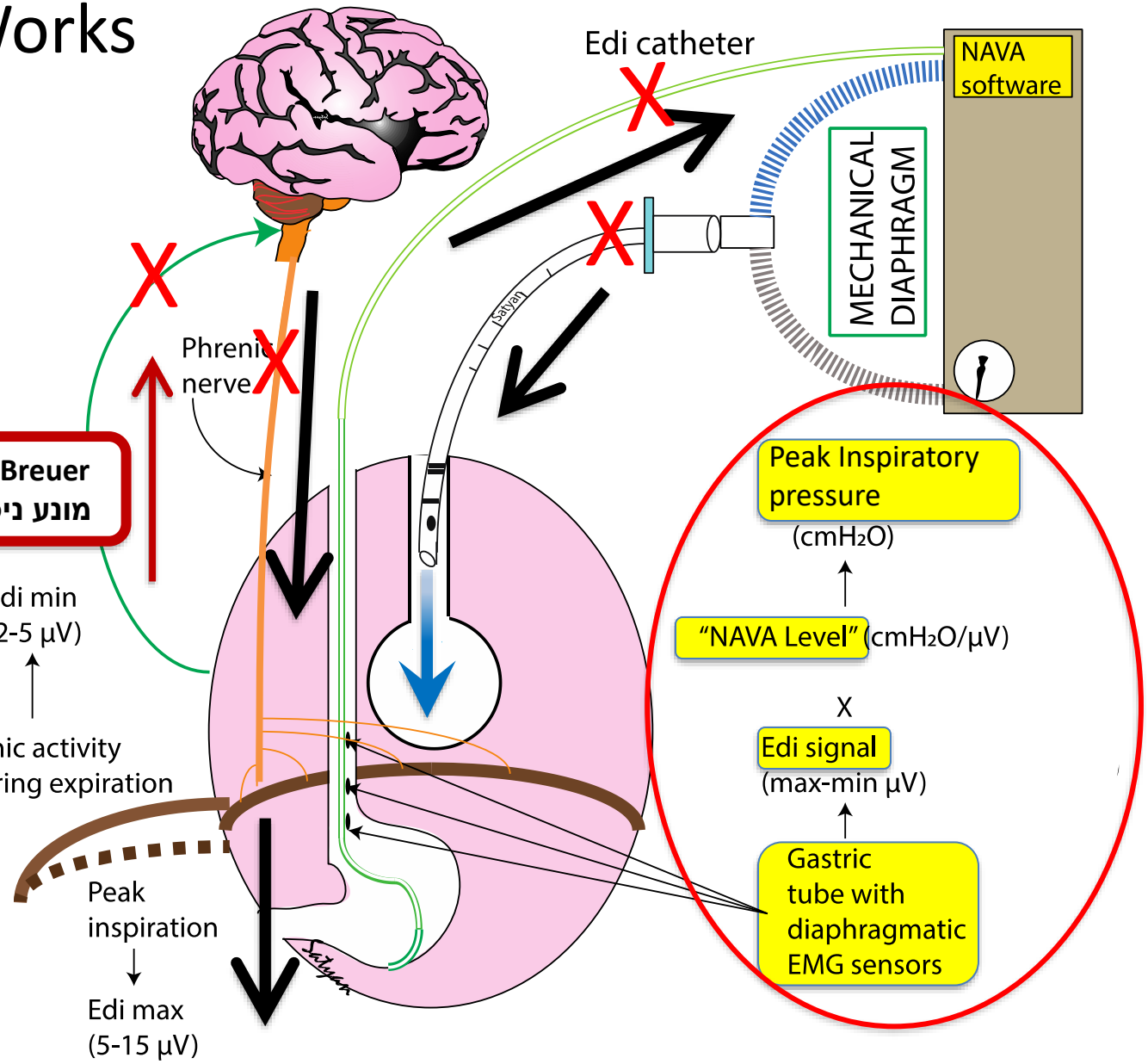


How NAVA Works

מסונכרן עבור:
תחילת, גודל וסיום
שאיפה, גם עם LEAK

מגיב ל:
Drive נשימתי

יתרון אפשרי
פחות עבודת
נשימה, יותר נוחות,
פחות הרגעות



SIMV

לחץ 5

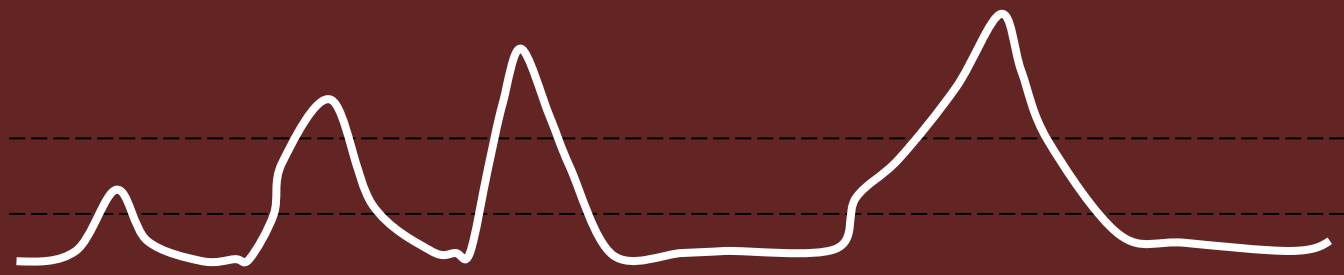
סרעפת Edi

18	off	5	40	.3	off
PIP	PSV	PEEP	RR	Ti	VTG

NAVA

לחץ 5

סרעפת
Edi



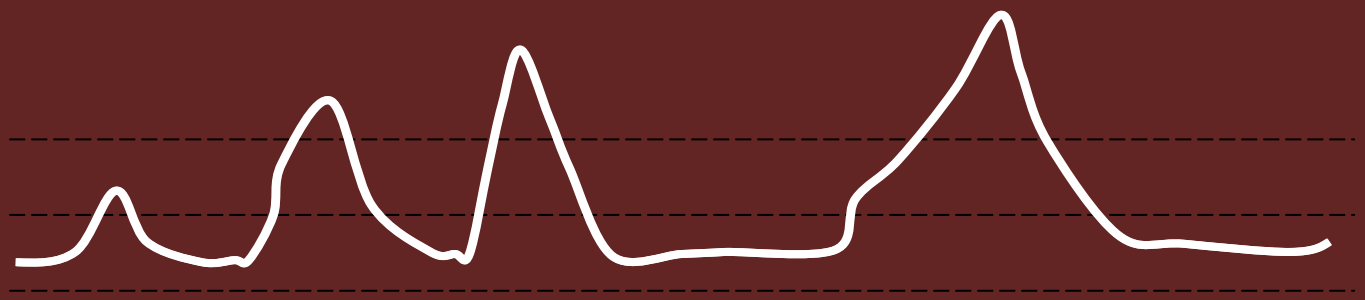
Nava level = 0

5
PEEP

NAVA

לחץ 5

סרעפת
Edi

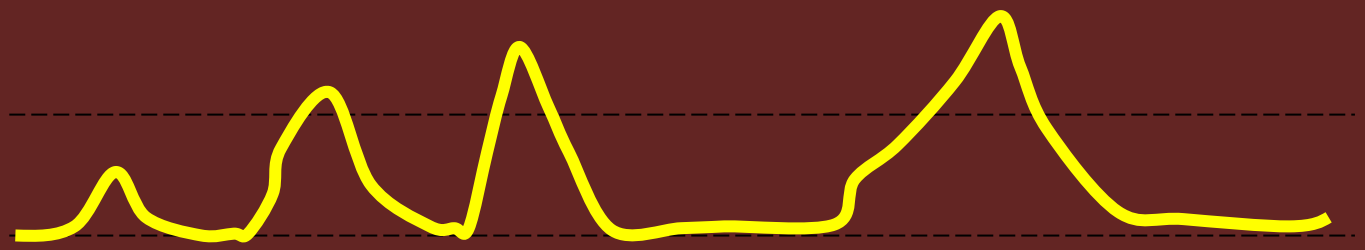


Nava level = 1

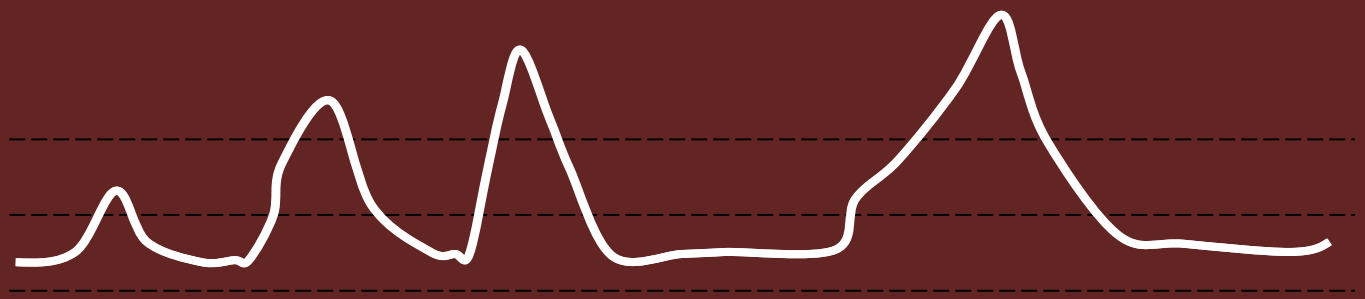
5
PEEP

NAVA

לחץ 5



סרעפת
Edi



Nava level = 2

5
PEEP

NAVA

לחץ 5

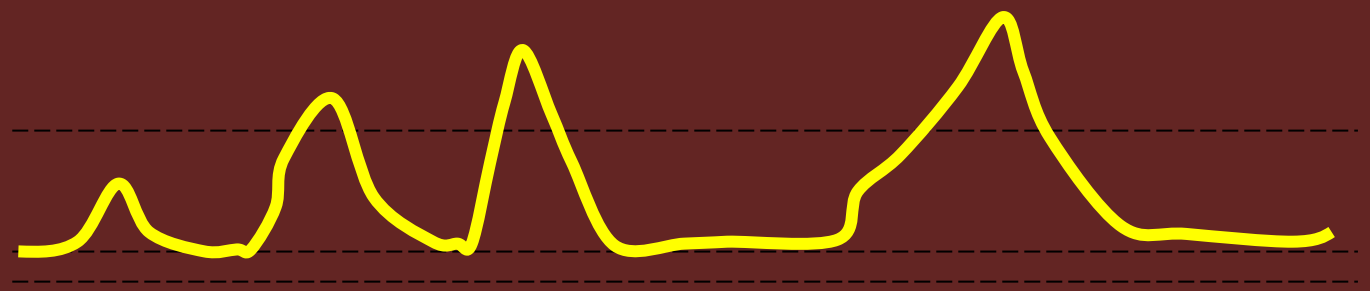
סרעפת Edi

Nava level = 3

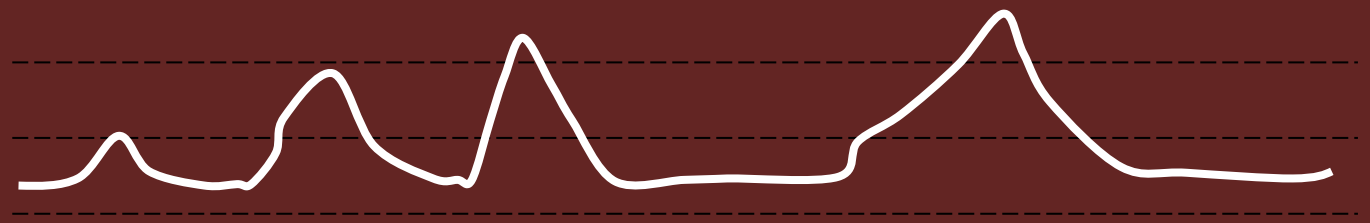
5
PEEP

NAVA

לחץ 5



סרעפת
Edi

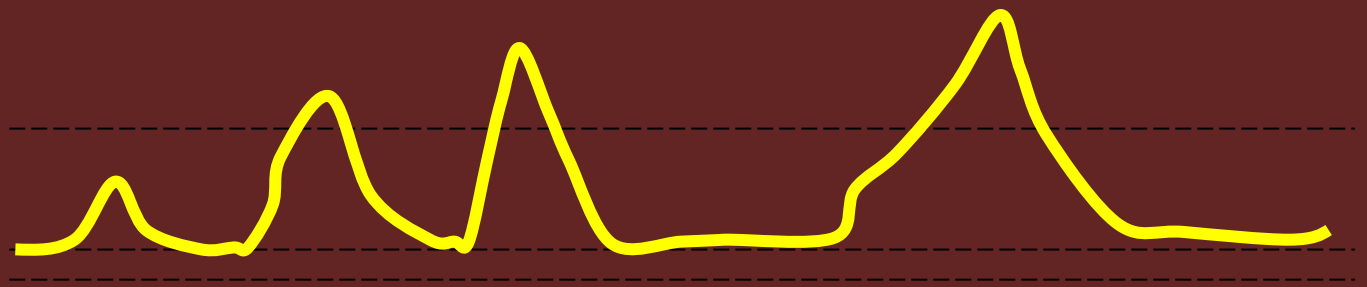


Nava level = 3

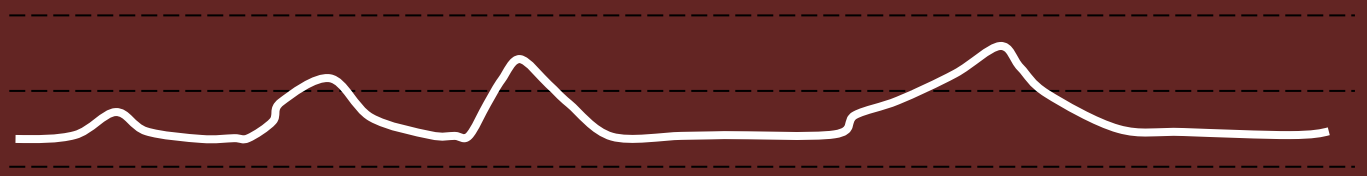
5
PEEP

NAVA

לחץ 5

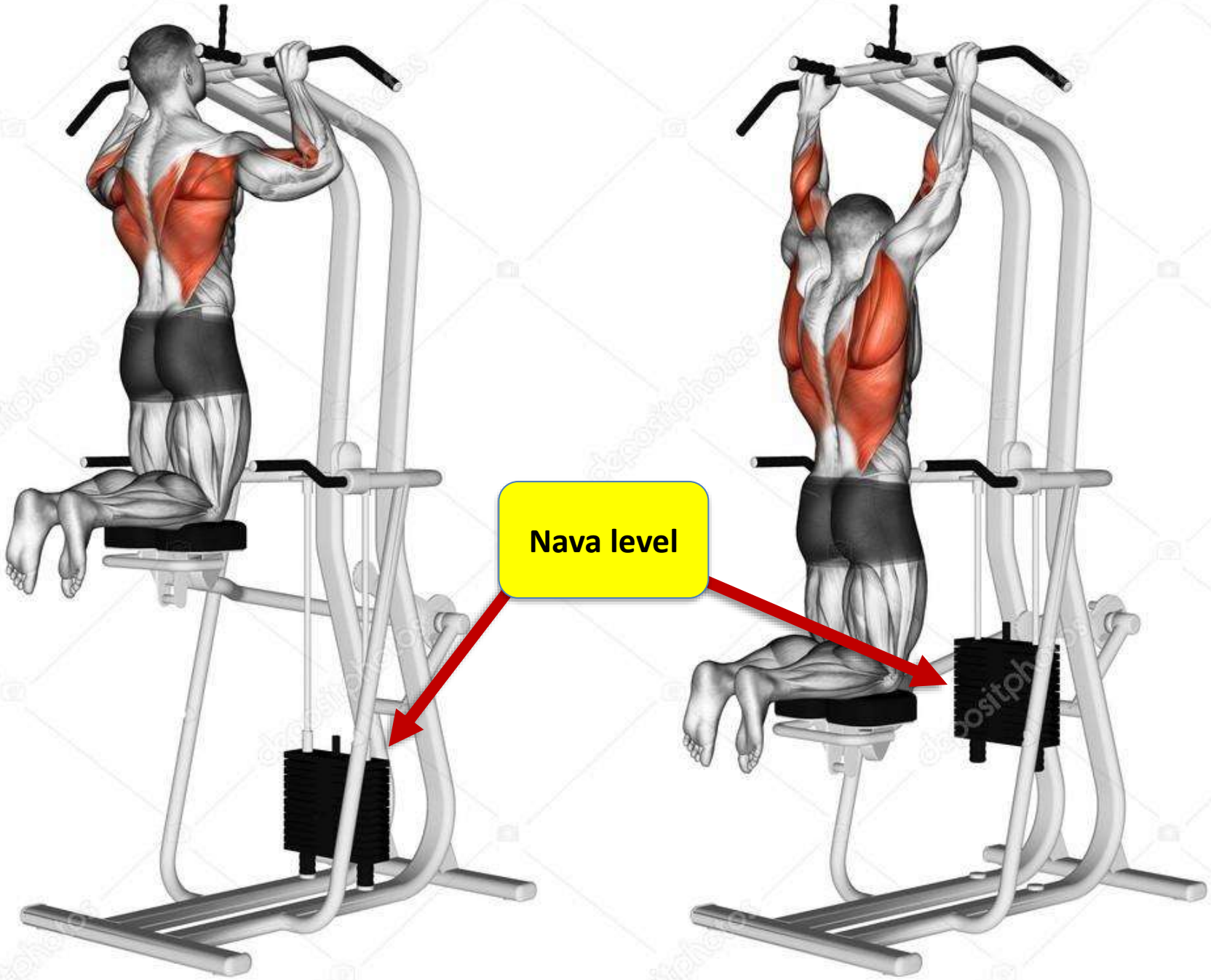


סרעפת
Edi



Nava level = 4

5
PEEP


Nava level

תודה !