



# כל מה שרציתם לדעת על הנשמה מלאכותית ופחדתם לשאול

פנקס עזר למתמחה

נכתב על ידי:

ד"ר יואל אנג'ל, מחלקה פנימית ג', המרכז הרפואי תל אביב, נובמבר 2019

# תוכן העניינים

5	מבוא
7	הנשמה פולשנית: למה, מתי ולמי? .....
10	שיטות / תכניות הנשמה (Modes) להנשמה פולשנית .....
21	חמצון .....
29	אזורור .....
33	מכניקת הנשימה .....
43	תפעול תקלות .....
51	הרדמה וגמילה מהנשמה .....
58	טיפול תומך בחולה המונשם .....
64	הנשמה בלתי פולשנית .....
70	מקורות, נספחים והמלצות קריאה נוספת .....

## תודות

תודה לד"ר דקל סתוי, ד"ר אמיר גל-עוז, ד"ר יעל ליכטר וד"ר נמרוד עדי מהיחידה לטיפול נמרץ כללי ונשימתי ולגב' גלית רוט, מנהלת השירות הנשימתי במרכז הרפואי תל-אביב על הערותיכם המקצועיות המצויינות, אשר חידדו והוסיפו רבות על הכתוב.

תודה לד"ר דור רביד, ד"ר ענבל פרידמן-רגב וד"ר רוני אקס ממחלקה פנימית ג', ד"ר אסף הלביא ממחלקה פנימית י', וד"ר שיזף גפן ממחלקה פנימית ה' במרכז הרפואי תל אביב על תרומתכם לניסוח החוברת בשפה ברורה ומתומצתת.

תודה לפרופ' רמי הרשקוביץ, ד"ר מירב אינגביר, ד"ר אריאל בורוכוביץ' וד"ר ענבל חורי מהאגף הפנימי במרכז הרפואי תל-אביב על התגייסותכם להפקת החוברת והפצתה בקרב מתמחי האגף.

חוברת זו לא הייתה יוצאת אל הפועל מבלי עזרתכם, הערותיכם, תיקוניכם ותמיכתכם.

## The secret to longevity is to keep breathing

האגף הפנימי שם כמטרה ראשונה לפעילותו את קידום הידע של כח האדם של האגף ועל ידי כך להביא לשיפור הטיפול בחולים המאושפזים בו, חולים שהופכים מורכבים יותר ויותר עם השנים. כחלק מקידום אג'נדה זו, אנו גאים להעניק לכם חוברת זו, אשר מטרתה לסייע לנו לטפל טוב יותר בחולים המאושפזים וזקוקים להנשמה מלאכותית.

בחוברת תמצאו הסברים לכל השאלות הקשורות לחולה המונשם: החל באינדיקציות להנשמה, עבור בשיטות הנשמה וכלה בהתמודדות עם בעיות נפוצות. כל זאת ועוד, בשפה פשוטה ומובנת, תוך התמקדות בסוגי החולים וסוגי ההנשמות הרלוונטים לאגף הפנימי.

חוברת זו נכתבה כולה ע"ד ר' יואל אנגל, אשר ראוי לכל המחמאות על היוזמה, היכולת והביצוע. תודה יואל!

כולנו תקווה כי חוברת זו, כחלק מכל מערך ההדרכה הענף של המערך הפנימי, תביא לשיפור נוסף בדרך בה אנו מטפלים בחולים.

**בברכה,**

ד"ר מירב אינגביר ופרופ' רמי הרשקוביץ

הנהלת האגף הפנימי

בעוד שבמצב האופטימלי יאושפזו מטופלים מונשמים במסגרת יחידה ייעודית לטיפול נמרץ, נפוץ ביותר למצוא מטופלים מונשמים במחלקות אחרות ובפרט במסגרת "טיפול מוגבר" במחלקה פנימית וכירורגית. נושא הטיפול בחולה המונשם לרוב לא נלמד באופן ממצה במסגרת לימודי הרפואה הפורמליים, וכך מוצאים עצמם רופאים צעירים מתמודדים עם מצב מורכב זה ללא ידע והכשרה מספקים. מטרתה של חוברת זו הינה לתת בסיס ידע לרופאים (מכלל הדיסציפלינות) המתמודדים עם חולים מונשמים, כך שירגישו בטוחים בניהול חולים אלו ובתפעול מכונת ההנשמה לצורך התאמה למצבו הקליני של המטופל.

הטיפול בחולה המונשם מחוץ למסגרת יחידה לטיפול נמרץ שונה מהטיפול בתוך יחידה כזו, בין היתר בשל אילוצים הנובעים מכמות כוח אדם וזמינות האמצעים. חוברת זו נכתבה תוך ניסיון לתת מענה לעבודה בסביבה ייחודית זו.

נושא ההנשמה המלאכותית, ובפרט לרופאים הנתקלים בו בפעם הראשונה, הינו מורכב להבנה. על כן, סביר כי לא יהיה די בקריאה אחת של חוברת זו (או כל מקור ידע אחר) לצורך הבנת הנושא לעומקו. הניסיון מלמד כי בכל קריאה נוספת רמת ההבנה והידע יגדלו. מטבע הדברים הרצון להביא לחוברת קצרה ותמציתית (יחסית) בא על חשבון התעמקות בפרטים.

למתעניינים מומלץ לקרוא מקורות נוספים, כמה מהם מפורטים בסוף חוברת זו.

לאורך החוברת שזורים פרטי מידע שהינם בגדר "העשרה" ואינם הכרחיים לעבודה היומיומית. פרטים אלו אוזכרו כהערות שוליים בטקסט. כמו כן, בסופו של כל פרק מופיע סיכום קצר אשר יכול לשמש לחזרה על הכתוב בפרק וכן כ"רפרנס" לשימוש מהיר במקרה של שאלה קלינית קונקרטית.

ולבסוף, הסתייגות: חוברת זו הינה אינפורמטיבית ונועדה לשמש כלי ללימוד, ייעוץ והכוונה, אך אינה יכולה להוות תחליף לניסיון ושיקול דעת קליני ולידע המקצועי הנדרש בכל מקרה לגופו. כל החלטה רפואית, ובפרט בטיפול בחולה מונשם, צריכה להתבצע בשום שכל ותוך התייעצות עם המומחים הרלוונטיים ובכלל זאת הרופא הבכיר האחראי, ותוך התאמה לנהלים המוסדיים והמחלקתיים הרלוונטיים. רפואה הינה מדע מתעדכן ודינמי, ועל כן ייתכן וחלק מן הכתוב בחוברת זו יאבד מעדכניותו בעתיד. התעדכנות בספרות ובהנחיות הרלוונטיות הינה באחריות הקורא בלבד. אין המחבר או מי מהנזכרים מעלה אחראים על השימוש בחומר הכתוב, והאחריות הינה על כתפי הרופא המטפל בלבד.

תיקונים והערות ניתן לשלוח ל: [yangel.md@gmail.com](mailto:yangel.md@gmail.com)

**קריאה מהנה ומלמדת!**

## הנשמה פולשנית: למה, מתי ולמי?

להנשמה פולשנית מספר יתרונות משמעותיים, שהופכים אותה לכלי הכרחי בטיפול בחולים. האינדיקציות העיקריות להנשמה של מטופל כוללות:

← שליטה והגנה על נתיב האוויר בחולים עם פגיעה נירולוגית או אנטומית, בין אם אינטרינזית או בחולים הזקוקים להרדמה מסיבה אחרת.

← טיוב והבטחת חמצון ואורור במטופלים עם אי ספיקה נשימתית היפוקסמית, היפרקרבית או משולבת, או להבטחת פיצוי רספירטורי הולם לחמצת מטאבולית.

← בחולה שאינו יציב המודינמי, שליטה במצב הסירקולטורי על ידי הפחתת preload ו-afterload. כמו כן, הגדלת כמות החמצן הזמינה לאיברים החיוניים על ידי הפחתת עבודת הנשימה וצריכת החמצן של שרירי הנשימה.

### מי זקוק להנשמה פולשנית?

בפועל, עיקר המטופלים המונשמים בהם ניתקל במחלקות הפנימיות יונשמו על רקע חוסר הכרה (סביב החיאה, CVA או פגיעה נירולוגית אחרת), אי ספיקה נשימתית (COPD, בצקת ריאות, אסתמה, PE), או כחלק מטיפול בחולה במצב קריטי-שוק. אינדיקציות נוספות כוללות סכנה לנתיב האוויר מסיבות שונות (מחלות שריר-עצב כגון ALS או ג'יליאן-ברה, שיתוק מיתרי קול

דו"צ, בצקת לרינגיאלית), וכן חולים לאחר ניתוח שלא הצליחו להיגמל מהנשמה.

## מתי להנשים?

לא קיימות קונטרא-אינדיקציות מוחלטות להנשמה פולשנית. הכלל המוביל בהתלבטות אם להנשים מטופל הינו אם יש ספק - אין ספק, או במילים אחרות מוטב להנשים מוקדם מדי ולגמול בהמשך מאשר להתעכב עם הנשמה ולייצר נזק בלתי הפיך. לרוב, הנשמה מוקדמת לא תעכב גמילה מהנשמה בהמשך. יחד עם זאת, כמו לכל פעולה רפואית גם לאינטובציה סיכונים וסיבוכים, כך שיש להפעיל שיקול קליני בכל מקרה לגופו. בנוסף, יש לזכור שלפי כללי האתיקה הנהוגים בישראל אין מנתקים מטופלים ממכונת הנשמה שלא כחלק מתהליך גמילה, כלומר קיים סיכוי להפיכתו של המטופל למונשם כרוני במידה ולא יצליח להיגמל. הדבר נכון במיוחד לגבי מטופלים קשישים, שבריריים או סופניים. יש לזכור זאת, ובמידת האפשר לדון עם המטופל ומשפחתו על העדפותיו טרם ההנשמה, לרבות האופציה להימנע מהנשמה ולהתמקד בטיפול תומך ומקל סבל. רצוי להחליט על ביצוע הנשמה (=אינטובציה) לפני התפתחות אי ספיקה נשימתית קיצונית, בשלב שמאפשר הכנה מספקת ורגועה לביצוע הפעולה תוך הבטחת תנאים אופטימליים להצלחתה. בחוברת זו לא נעסוק בתהליך ביצוע האינטובציה בפועל, שהוא ברובו תהליך מנואלי הדורש הכשרה וליווי Hands-On.



## עקרונות הפרק

- להנשמה פולשנית מספר אינדיקציות, בעיקר לשליטה על נתיב אוויר, חמצון או אוורור או כתמיכה כללית בחולה בקריסה המודינמית.
- לא קיימות קונטרא-אינדיקציות מוחלטות להנשמה פולשנית, ובאופן כללי אם יש התלבטות מוטב להנשים מוקדם ולגמול בהמשך מאשר להתעכב ולהזדקק להנשמה בתנאי חירום. עם זאת, יש לזכור כי הנשמה היא פעולה הכרוכה לעתים גם בסיבוכים ותופעות לוואי.
- עלינו לזכור כי לחולה יש זכות לבקש להימנע מהנשמה פולשנית להארכת חייו.

## שיטות / תכניות הנשמה (Modes) להנשמה פולשנית

**הערה:** פרק זה קשור מאד גם לפרק "מכניקת הנשימה", והבנת אחד מהפרקים תלויה בהבנת השני. מומלץ לקרוא תחילה פרק זה, לעבור לפרק "מכניקת הנשימה" ולחזור לקריאה שנייה בפרק זה.

לפני ההתעמקות בפרמטרי ההנשמה השונים, חשוב להדגיש כי בחירת השיטה קשורה מאד בניסיון האישי ובהעדפות האישיות והמחלקתיות. להלן יוצגו השיטות הנפוצות ביותר לשימוש אך בוודאי לא כל השיטות הקיימות. כל שיטה מקובלת כל עוד היא מאפשרת לנו לעמוד ביעדי ההנשמה, כלומר נוחות לחולה, חמצון, אוורור, לחץ פלאטו ונפח נשימה - כפי שיוסבר בהמשך. בבואנו להגדיר תכניות הנשמה אנחנו צריכים להתייחס לשני פרמטרים: הנשימה הבודדת והסינכרון בין הנשימות.

את **הנשימה הבודדת** אפשר להגדיר באמצעות לחץ או באמצעות נפח:

**הגדרת נפח (Volume Control):** אנו מגדירים מהו נפח האוויר שיוכנס בכל נשימה בודדת (Tidal Volume או  $V_T$ ). במצב כזה הלחץ הוא התוצאה - ותלוי בהיענות הריאתית ובהתנגדות דרכי האוויר. מחוץ ליחידה לטיפול נמרץ, זוהי ההגדרה הנפוצה ביותר וברוב המקרים נבחר להשתמש בה.

זאת כדי להבטיח נפח הנשמה בנסיבות בהן הניטור של המנשם והמטופל הינו חלקי.

הנפח הרצוי מוגדר כ-6-8 מ"ל לק"ג Lean body weight, אשר שווה פחות או יותר ל-[גובה בס"מ מינוס 100]. כך למשל לאישה בגובה 160 הנפח הרצוי יהיה בערך 420 מ"ל (100-160)\*7). אין קשר למשקל האמיתי של החולה - כשמשימים, נפח הריאות לא גדל. ואכן, הנפחים הממוצעים להנשמה הם בד"כ בין 400 ל-500 מ"ל לנשימה בודדת.

**הגדרת לחץ (Pressure Control):** עבור שלב האינספיריום, אנו מגדירים מהו הלחץ אליו ברצוננו להגיע, והמנשם יזרים נפח עד אשר יוצר הלחץ שהגדרנו. במקרה זה הנפח הוא התוצאה מושפע כאמור מההיענות הריאתית: בחולים עם היענות ירודה מאד, למשל - מחלת ריאות אינטרסטיציאלית, נפחים קטנים מאד יניבו לחצים גבוהים (תחשבו על בלון עם גומי עבה), ואילו בחולים עם היענות גבוהה, למשל - חולי אמפיזמה, יהיו נפחים גבוהים מאד (תחשבו על בלון גדול מאד). צורת הנשמה זו פחות נפוצה במחלקות הפנימיות. שכיח יותר לראותה בשימוש בחדרי ניתוח ו/או במקרים קליניים מסויימים ביחידות לטיפול נמרץ. יש הטוענים כי גישה זו יותר נוחה למטופל מאשר volume control.

---

1 נפחי הנשמה אלו נמצאו כמשפרים פרוגנזה במחקרים רבים בקרב חולי ARDS ובחלק מהמקרים גם עבור חולים המונשמים מסיבות אחרות. הסבר נוסף לגבי ההגיון מאחורי יעד זה מוסבר בפרק "מכניקת הנשימה".

בכל מקרה נשתדל להגדיר לחצי שיאי אינספירטורים (Peak Pressure) של פחות מ-30 ס"מ מים. מחקרים הוכיחו כי כאשר מאפשרים לחולים להגיע ללחצים גבוהים מהלחצים הללו, התוצאות הקליניות כגון תמותה ומשך ההנשמה - גרועים יותר.

**הגבלות אוטומטיות (Pressure / Volume Limitation):** כפי שהוסבר, כאשר אנו מנשימים בתצורת Volume Control הלחץ המתקבל הוא התוצאה. למנשם מוגדרים ספי לחץ, אשר מעבר להם תיפסק הזרמת הנפח גם אם עוד לא הוזרם כל הנפח שהוגדר. לדוגמה - אם הגדרנו Volume Control עם נפח של 700 מ"ל לכל נשימה (הרבה!), בחולה עם היענות ריאתית ירודה, וכבר בנפח של 400 מ"ל ייווצר לחץ גבוה מאד (למשל 50 ס"מ מים), המנשם יפסיק להזרים נפח ולא יאפשר לנו לייצר לחצים גבוהים יותר, כדי למנוע נזק לריאות - בארוטראומה (או, בלון מפוצץ). באופן דומה יש Volume Limitation כאשר אנו מנשימים ב-Pressure Control.

---

2 בעצם פונקציית המטרה שלנו היא לחץ פלאטו ולא לחץ השיא. אבל - לחץ הפלאטו אינו מנוטר באופן קבוע על ידי המנשם ואילו לחץ השיא כן. היות ולפי ההגדרה לחץ השיא גבוה מלחץ הפלאטו, אם שמרנו על לחץ שיא  $> 30$  ס"מ מים הרי ששמרנו גם על לחץ הפלאטו בטווח הרצוי.

3 ספים אלו ניתנים לשינוי בהגדרות המתקדמות של המנשם, בדרך כלל במסך Alarms.

לגבי תכניות ההנשמה (modes) - הנוגעים בעצם לסינכרון בין הנשימות: ישנן אינספור תכניות הנשמה (מעל 100), וכדי לסבך עוד יותר את המצב, חברות שונות קוראות בשמות שונים לתכניות זהות. ננסה להתמקד בתכניות ההנשמה הרלוונטיות לנו:

### **CMV - Continuous Mandatory Ventilation**

זוהי התכנית הפשוטה ביותר. מגדירים קצב נשימות, ובהתאם מדי מספר שניות, המנשם מזרים אויר<sup>4</sup> עד לנפח או ללחץ שהגדרנו. למשל - אם הוגדרו למנשם 12 נשימות בדקה ונפח של 500 מ"ל - אז מדי 5 שניות ( $60/12=5$ ) המנשם יזרים 500 מ"ל, וכך ייווצר לנו Minute Volume של 6 ליטר לדקה ( $60,000 = 500 * 12$ ). ללא כל התחשבות במאמץ הנשימתי של החולה, ללא כל ניסיון להסתנכרן איתו. זוהי תכנית הנשמה שרלוונטית אך ורק לחולים מורדמים עמוק ו/או משותקים, או במוות מוחי. חשוב לציין שזוהי שיטת ההנשמה שמופעלת במנשמי ליווי מסוג paraPAC. השימוש בה פחות נפוץ ביחידות לטיפול נמרץ או מוגבר.

**AC - Assist Control** - בשיטה זו החולה הוא זה שיוזם את הנשימות. אמנם מוגדר מספר נשימות מנדטוריות מינימלי למניעת Apnea, אך החולה יכול לנשום בקצב מהיר יותר תוך שהוא מקבל את מלוא התמיכה הנשימתית המוגדרת לכל הנשימות, בין אם יזמות או מנדטוריות.

---

4 בכל מקום בו נכתב "אויר" הכוונה כמובן לתערובת אויר-חמצן. הרכב התערובת נקבע על ידי פרמטר  $FiO_2$ .

המנשם מזהה את הנשימה על ידי הלחץ השלילי שהחולה מייצר בצינור (הוא מנסה "לשאוב" דרך הטובוס<sup>5</sup>).

אבל - מרגע שיזם את הנשימה - החולה "מאבד עליה שליטה" והמנשם הוא זה שיגדיר כמה נפח או כמה לחץ יוזרם. למשל - אם הגדרנו במוד AC נפח של 500 מ"ל, והחולה יזם 18 נשימות, הרי שבכל אחת מהנשימות האלה תזרים המכונה 500 מ"ל של אוויר לריאות (סה"כ  $MV=9 \text{ lit}$ ), בלי קשר לכמה אוויר החולה "רוצה". מובן שגם שיטה זו לא מאד נעימה לחולים בהכרה שהיו רוצים לשלוט על כמה אוויר נכנס, ובהתאם השימוש בה פחות נפוץ מחוץ ליחידות לטיפול נמרץ. הסכנה העיקרית בשיטה זו הינה הגדלה מסוכנת של ה-Minute Volume עד כדי יצירת בססת נשימתית ו/או auto-PEEP (ראה להלן).

### **SIMV - Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation**

זוהי השיטה הנפוצה ביותר בשימוש כיום מחוץ ליחידות לטיפול נמרץ, ולפחות במרכז הרפואי תל-אביב זוהי תכנית ברירת המחדל כאשר אנו באים להגדיר לראשונה את המנשם. היא נחשבת נוחה גם למטופלים ערים כיוון שהיא שומרת על סינכרון בין המטופל והמנשם, ומבטיחה אוורור מינימלי תוך כדי מתן אפשרות לחולה לנשום בכוחות עצמו. בתכנית זו, אנחנו מגדירים את הנשימה 5 למעשה, המכשיר לא מזהה ירידה בלחץ אלא זרימה לכיוון החולה. מידת מהירות זרימת האוויר הדרושה כדי שהמנשם יזהה ניסיון נשימתי על ידי החולה ניתנת לשינוי בהגדרות המתקדמות של המנשם, ונקראת Trigger Sensitivity. רגישות גבוהה מדי תגרום ליזימת נשימה מכל תזוזה בצנרת ההנשמה, ורגישות נמוכה מדי תגרום למאמץ נשימתי רב של החולה. לרוב נהוג להשאיר את הערך על 2 lit/min.

הבודדת (לחץ או נפח) וכן את הקצב המינימלי של הנשימות (נקראות נשימות מנדטוריות). המכונה תוודא שהחולה יקבל מדי דקה<sup>6</sup> לפחות את הנשימות המנדטוריות שהגדרנו (למשל, 12 נשימות בנפח 450 מ"ל). אם החולה יוזם את הנשימה, הרי שהמכונה "תתלבש" על הנשימה שלו לצורך כך (כמו Assist Control). אם החולה לא יזם מספיק נשימות (אפניאה), המכונה תיזום זאת בעצמה (כמו CMV). העיקר - להבטיח שמדי דקה החולה יקבל את מספר הנשימות המנדטוריות שהגדרנו. אם החולה יוזם יותר נשימות מהמינימום, הרי שהמכונה תאפשר לו לנשום אותן אבל תאפשר לנשימות "בנוס" הללו להיות באיזה נפח ש"רצה" החולה, ולא תכריח אותו לקבל נפחים או לחצים שהוא לא "מבקש".

כאן נכנס מונח נוסף שנקרא **Pressure Support (PS)**: עבור אותן נשימות שאינן מנדטוריות, אנחנו יכולים לתת לחולה "דחיפה" של לחץ חיובי (מעבר ללחץ השלילי שהוא מייצר לבד כדי לשאוב את האוויר לתוך הריאות), כדי לאפשר לו לקחת נפחים גבוהים יותר מאשר הוא היה לוקח בכוחות עצמו. אפשר לדמיין זאת בדומה לילד

---

6 בפועל, המנשם מבצע את המדידה מדי פרק זמן קצר יותר (מס' שניות או אפילו breath to breath, כלומר לא צריך לחכות דקה שלמה כדי לזהות שהחולה לא נושם בקצב מספק).

7. במקרים בהם קצב הנשימות של המטופל גבוה משמעותית מה-RR שהוגדר במכונה, המכונה לא "תספיק" להכניס נשימות מנדטוריות בין הנשימות הספונטניות של המטופל, ובמקרה זה המטופל מונשם למעשה בשיטת Spontaneous. במידה ובמצב זה המטופל לא מצליח לייצר Minute volume מספק, עלינו להעמיק את ההרדמה כדי להפחית את קצב הנשימה הספונטני ולאפשר למכונה לקיים גם נשימות מנדטוריות.

שמתנדנד על נדנדה. הילד עצמו מסוגל להגיע בנדנדוד עד לגובה מסויים, אך הדחיפה מצד ההורה מאפשרת לו להגדיל את גובה הנדנדוד - כך בדיוק ה-Pressure Support<sup>8</sup>.

בגלל שהמכניקה של הנשימה דרך צינור ומכונה קשה הרבה יותר מאשר הנשימה הפיזיולוגית הרגילה של כולנו, מידה מסוימת של pressure support (בערך 5-7 ס"מ מים) נדרשת עבור כל חולה מונשם (גם עם פיזיולוגיה נשימתית תקינה לחלוטין), רק כדי לפצות על התנגדות המערכת. תמיכה גבוהה יותר נדרשת כאשר יש גם בעיה במערכת הנשימה של החולה.

### **Spontaneous / CPAP with pressure support**

זוהי שיטה נפוצה למדי, בעיקר בשלבי גמילה ממונשם. בשיטה זו החולה הוא זה שיוזם את כל הנשימות, והוא גם זה שמגדיר כמה נפח ייכנס. המכונה רק תומכת בו ביצירת לחץ סוף-אקספירטורי חיובי (PEEP המכונה גם לעתים CPAP, ראה להלן) ותמיכה באמצעות Pressure Support בדומה לשיטת SIMV. חולה שמחזיק מעמד לאורך זמן במוד זה עם ערך PEEP נמוך מ-7 וערך PS נמוך מ-7 - ייתכן ומתאים לגמילה (ראה הפרק הרלוונטי).

---

8. הזרמת הלחץ החיובי תימשך עד שהמונשם יזהה שהחולה סיים את המאמץ הנשימתי. הפרמטר שמגדיר הגעה לסיום הפאזה האינספירטוריים מכונה cycle limit ויכול להיקבע על ידי נפח, לחץ, או ברוב המנשמים, שינוי ב-flow. לרוב כאשר יש ירידה של 25% מה-peak flow מופסק ה-pressure support לאותה נשימה.



שני מאפיינים נוספים אותם נידרש להגדיר ברוב שיטות ההנשמה -  
**אחוז חמצן ( $\text{FiO}_2\%$ ) ו-PEEP:**

PEEP (Positive End Expiratory Pressure) או בשמו האחר CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) הוא לחץ האוויר המינימלי שאותו נחזיק בריאות בכל עת, כדי להבטיח שהריאות לא תקרוסנה לחלוטין בסוף האקספיריום (אטלקטזיס).

ניתן לחשוב על כך כבלון שמתרוקן לא עד הסוף, כדי שיהיה קל יותר לנפח אותו בנשימה הבאה. ל-PEEP יש השלכות רבות עליהן נדון בהמשך, בעיקר על החמצון ועל ההגנה על הריאות מפני נזק מכאני. בשלב זה די להסתפק בכך שצריך לכל הפחות 5 ס"מ מים כדי לפצות על ההתנגדות של הנשימה דרך טובוס, וזוהי ברירת המחדל בתחילת הנשמה.

את **אחוז החמצן ( $\text{FiO}_2$ )** קל לקבוע - נגדיר את אחוז החמצן המינימלי הנדרש כדי לשמור על סטורציה מעל 90%. בדרך כלל נתחיל עם אחוז חמצן 100% (כדי להחזיר "חוב חמצן" שנצטבר בזמן תהליך האינטובציה), ולאחר מכן נרד בהדרגתיות של כ-20%-10 מדי מספר דקות, עד למינימום של 40%, וכמובן תוך כדי ניטור סטורציה כדי לוודא שהחולה לא מפתח היפוקסמיה.

### **איך עושים זאת בפועל?**

כדי לשלוט בהצלחה על המנשם חשוב לזכור שאמנם יש סוגים רבים של מנשמים בשימוש כיום, אבל העקרונות הבסיסיים בתפעול של כולם זהים:

← לכל המנשמים מסך שליטה אשר כולל איזור הגדרת פרמטרים (מה אני רוצה שהחולה יקבל), איזור מדידת פרמטרים (מה החולה מקבל בפועל) ואיזור גרפי (איך החולה מקבל).

← ברוב המוחלט של המנשמים ניתן להגדיר מהם הפרמטרים שיוצגו באיזור מדידת הפרמטרים (המספריים והגרפיים), עלינו לבחור להציג את הפרמטרים המעניינים אותנו בחולה הספציפי.

← חלק מן המנשמים נשלטים על ידי כפתורים, חלק ע"י מסך מגע וחלק ע"י שילוב של השניים.

מומלץ להתוודע למנשם הספציפי בשימוש במחלקתכם. אפשר לבקש הדרכה קצרה מרופא או טכנאי הנשמה שמכיר אותו, או לחפש באינטרנט חוברת הפעלה (לחלק מן המנשמים ניתן למצוא גם סרטוני הדרכה ב-youtube ודומיו).

ולבסוף, דגש אחרון על אופן המחשבה והעבודה בקביעת הפרמטרים של המנשם: חשוב לנסות להסתכל על המנשם כאוסף של משתנים תלויים ובלתי תלויים, או במילים אחרות של סיבה ותוצאה. כאשר אנו מגדירים נפח (סיבה), מתקבל לחץ (תוצאה). כאשר אנו מגדירים אחוז חמצן (סיבה), מתקבלת סטורציה (תוצאה). כאשר אנו מגדירים קצב נשימות ובעקיפין minute volume (סיבה), מתקבלת רמת  $CO_2$  בדם (תוצאה). חלק מן המשתנים נמדדים באופן רציף על ידי המנשם (למשל RR או  $V_T$ ), חלק מהמשתנים נמדדים על ידי מכשירים חיצוניים (למשל סטורציה) וחלק לא

נמדדים באופן רציף כלל (למשל pH). חשוב להבין מה התוצאה של כל אחד מהשינויים שביכולתנו לבצע, ולהקפיד לנטר אותם כדי לוודא שהכל מתנהל לפי התכנית. כך למשל - אם שינינו תדירות הנשמה - לבדוק גזים!  
עוד יש לזכור כי הטיפול בחולה המונשם הינו דינמי ומשתנה מרגע לרגע, מה שהתאים בזמן ביקור הבוקר עלול להיות לא רלוונטי בזמן התורנות.

## עקרונות הפרק

- ברירת המחדל ברוב המוחלט של המקרים הינה SIMV  
Volume Control:  
- נפח ( $V_T$ ) בין 400-500 מ"ל (לפי 6-8 מ"ל ל-lean  
(body weight).  
- קצב (RR) 12 נשימות לדקה.  
- במידה ויש צורך לפצות על חמצת ניתן להעלות RR  
או  $V_T$ .
- PEEP ברירת מחדל - 5 ס"מ מים.
- קביעת  $\text{FiO}_2$  - נתחיל מ-100% ונרד בהדרגה עד 40%,  
כל עוד סטורציה נשמרת בין 90%-96%.
- קביעת Pressure Support - נהוג להתחיל עם כ-12  
ס"מ מים.
- חשוב לזכור להסתכל על המנשם כאוסף של משתנים  
תלויים ובלתי תלויים, ולזכור לנטר את התוצאות  
הנגרמות מהשינויים שביצענו.

## הערכת מידת החימצון

רמת החימצון משמשת לנו גם כיעד וגם כמדד.

**כיעד** - כיוון שחייבים לשמור על רמת חמצן מינימלית בדם כדי להבטיח תפקוד תקין של הרקמות.

**כמדד** - כיוון שמאפשר לנו להבין עד כמה טובה, או פגועה, יכולת החמצון של ריאות המטופל.

כיעד, המדד האמין ביותר למידת החימצון הוא הלחץ החלקי של החמצן בדם **עורקי** ( $\text{PaO}_2$ ). ערכיו התקינים באדם הנושם אוויר חדר הינם 75-100 mmHg, ומובן שהערכים הללו יעלו ככל שהאדם נושם אחוז חמצן גבוה יותר. ערכים של פחות מ-30 אינם מאפשרים חיים. למרבה הנוחות, בטווח שבין 40-60 ממ"כ לחץ החמצן בדם עורקי נמצא בקורלציה עם הסטורציה הנמדדת באצבע, לפי הטבלה המצורפת\*. מכאן שלחולה עם סטורציה <90% יש לחץ חמצן מעל 60 ממ"כ בדם עורקי. בערכי חמצן בדם מעל 70 ממ"כ הסטורציה תהיה סביב 100% ותישאר כך (לדוגמה, מסטורציה של 100% לא ניתן ללמוד אם הלחץ החלקי של החמצן בדם הוא 80 או 150).

---

9 קורלציה זו בין  $\text{PaO}_2$  ובין  $\text{Sat O}_2$  מתוקפת עבור נבדקים במצב פיזיולוגי תקין; במצבי דחק או במצבים המסיטים את עקומת ההיקשרות של ההמוגלובין, כמו אצל חלק מן החולים המונשמים, אמינותה פחותה.

PaO <sub>2</sub> (mmHg)	Sat O <sub>2</sub> (%)
60	90
50	80
40	70

כמדד לתפקוד מערכת הנשימה, הסטורציה או לחץ החמצן בדם אינם מספיק טובים כיוון שהם אינם מביאים בחשבון מה אחוז החמצן הנשאף. לכולנו ברור אינטואיטיבית שלמטופל עם סטורציה 92% באוויר חדר יש חמצון טוב יותר מאשר מטופל עם סטורציה 95% הנעזר במסיכת 100% חמצן. לכן, קיים מדד פשוט המתקנן את לחץ החמצן בדם לאחוז החמצן הנשאף - PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio אובקיזור P/F. למשל, למטופל עם לחץ חמצן בדם עורקי של 100 ממ"כ הנושם אוויר חדר (21% חמצן) יש יחס P/F של בערך 500 (100/0.21). מאידך, למטופל עם לחץ חמצן בדם עורקי של 250 ממ"כ מונשם עם 100% חמצן יש יחס P/F של 250 בלבד (250/1).

כאמור ערך P/F משמש אותנו בהערכת תפקוד מערכת הנשימה. ערך מעל 300 נחשב תקין; ערך בין 200-300 נחשב פגיעה קלה, 100-200 פגיעה בינונית ומתחת ל-100 נחשב פגיעה קשה<sup>10</sup>. במטופל מונשם, הדרדרות בערך P/F מעידה על ירידה בתפקוד הריאות, ולעתים רבות מבשרת על תחילתה של דלקת ריאות (VAP) או פתולוגיה ריאתית אחרת.

---


10 הגדרה זו מקורה ב-Berlin Definition ל-ARDS, אם כי היא תקפה גם בחולים ללא ARDS.

חשוב להדגיש כי יחס P/F אינו לוקח בחשבון PEEP, ולכן בד"כ נגדיר חולה עם היפוקסמיה בינונית-קשה רק אם ה-P/F נמוך מ-200 וגם ה-PEEP 5 ס"מ מים ומעלה.

שימו לב כי לאור הקורלציה בין ערכי סטורציה לבין לחץ החמצן בדם, אפשר להעריך P/F ratio גם מבלי לקחת גזים עורקיים - רק על סמך הסטורציה ואחוז החמצן הנשאף המוגדר במכונה. לאור זאת, מומלץ להעריך את ה-P/F ratio עבור כל מטופל מונשם כחלק מביקור הרופאים היומי ולתעד זאת בגיליון, בצורה זו ניתן יהיה לעקוב לאורך זמן אחרי מצבו הנשימתי.

### השפעה על החמצון במטופל מונשם

מבלי להיכנס לפיזיולוגיה של הנשימה ונוסחת הגז האלוואולרי (למרות שצריך, ומומלץ לקרוא על כך קצת), שני הפרמטרים העיקריים שמשפיעים על החמצון במטופל מונשם הם אחוז החמצן הנשאף ( $FiO_2$ ) וערך ה-PEEP<sup>11</sup>.

**אחוז החמצן הנשאף** - השאיפה היא להשתמש באחוז החמצן המינימלי המאפשר ערך סביר של חמצן בדם (בפועל, סטורציה של 90% ויותר). יש מספר חסרונות למתן אחוז חמצן גבוה יותר:  אחוזי חמצן גבוהים הם טוקסיים לאורך זמן לחלק מרקמות הגוף ועלולים לגרום לאטלקטיזיס.

---

11 ראוי להזכיר שלפי נוסחת הגז האלוואולרי, פרמטר נוסף שמשפיע על החמצון הינו האוורור: במטופל עם אוורור לקוי, ורמת  $CO_2$  גבוהה מאד בנאדיות, רמת החמצון תהיה בהכרח ירודה. לכן לעתים הפתרון לחמצון הוא דווקא להגדיל את האוורור.

← בהנחה ולא מודדים חמצן בדם עורקי באופן תדיר, מתן אחוז חמצן גבוה ושמירה על סטורציה 100% ימנע מאיתנו לזהות הדרדרות בחמצון (כל עוד אחוז החמצן בדם גבוה מ-70 ממ"כ לא נראה שינוי בסטורציה).

← כאשר כן נגלה סוף סוף ירידה בסטורציה, לא תהיה לנו יכולת להגיב בצורה מהירה (המטופל כבר מונשם על 100% חמצן).

← מחקרים הוכיחו non-inferiority לשמירה על אחוזי חמצן נמוכים לעומת גבוהים<sup>12</sup>.

מסיבות אלו תמיד עדיף לשמור על אחוז חמצן (FiO<sub>2</sub>) סביב 40%, או המינימלי המאפשר שמירה על סטורציה בין 90%-96%.

**ערך ה-PEEP:** ערך ה-PEEP (שמשמעותו Positive End Expiratory Pressure) מייצג את הלחץ שנותר בריאות בסוף האקספיריום. ערך ה-PEEP המינימלי שמקובל במטופלים מונשמים הינו 5 ס"מ מים, כדי לפצות על התנגדות צנרת ההנשמה, וניתן לעלות איתו בזהירות עד ערכים של 10-12 ס"מ מים (ביחידות לטיפול נמרץ לעתים עולים עד ערכים גבוהים יותר). ה-PEEP תומך בחמצון בכך שהוא מגייס נאדיות נוספות לתהליך שחלוף הגזים, וכן משאיר יותר נאדיות פתוחות בזמן האקספיריום ומאפשר להם זמן נוסף לבצע את השיחלוף. בניגוד למיתוס, PEEP גבוה לא גורם לברוטראומה ("פיצוץ" של נאדיות).

---

12 בהתאם, לאחרונה הופצו קווים מנחים התומכים בתמיכת חמצן רק עד סטורציה  
BMJ 2018;363:k4169.96%



יתרה מזאת, מחקרים הוכיחו ששמירה על PEEP גבוה יותר, במקרים מתאימים, מביא לפחות אטלקוטראומה (נזק הנגרם מכך שבמקום להישאר מנופחת כל הזמן, הנאדית נסגרת ונפתחת לסירוגין).<sup>13</sup>

### כיצד קובעים את ה-PEEP?

לכך יש כמה תשובות אפשריות - ישנן מספר שיטות נפוצות ואף אחת מהן לא הוכחה כעדיפה על משנתה. למשל - **טבלאות PEEP** (לכל % חמצן נשאף PEEP מתאים), או שיטה נפוצה יותר כיום שהיא מדידת היענות הריאה והתאמת ה-PEEP כך שיגויס נפח הריאה המקסימלי. שיטה זו מעט מורכבת לביצוע באמצעות המנשמים הנפוצים במחלקות הפנימיות.

מחוץ ליחידות לטיפול נמרץ, ובמסגרת רמת הדיון בחוברת זו, נסתפק במספר עקרונות בסיסיים לגבי PEEP:

← כאשר יש בעיה חמצונית - זכרו לשקול להעלות גם את ערך ה-PEEP ולא רק את אחוז החמצן, כאשר המטרה היא להימנע מאחוזי חמצן גבוהים לאורך זמן. בפועל, היות והאפקט של  $FiO_2$  על הסטורציה ישיר ומהיר יותר מאשר זה של ה-PEEP, בחולה היפוקסמי נהוג לעלות תחילה ב- $FiO_2$  עד להגעה לסטורציה הנדרשת, ורק לאחר מכן לנסות לעלות ב-PEEP כדי לאפשר ירידה במקביל של  $FiO_2$  לערך מינימלי נסבל.

---

13 יחד עם זאת, ל-PEEP גבוה תיתכן תרומה להתפתחות Ventilator-Associated Lung Injury [VILI] בזכות תרומתו ל-Mechanical Power. נושא זה לא יידון במסגרת חוברת זו.

← ככל שמעלים את ה-PEEP כך יורד ההחזר הורידי ללב ובהתאם צפוי לרדת לחץ הדם - יש לנטר מפני תופעת לוואי זו ובמידה והיא נגרמת, לרדת בערך ה-PEEP. משמעותי בעיקר בחולים עם אי ספיקת לב ימנית.

← ברוב המקרים אפשר לעלות ב-PEEP עד ערך של 10 ס"מ מים ללא קושי, למעט במטופלים מאד תלויי preload. במטופל הדורש ערכי PEEP גבוהים מכך מומלץ להיוועץ עם רופא טיפול נמרץ.

← במטופלים המונשמים עם PEEP גבוה, זכרו שבכל ניתוק מהמנשם (ובפרט בעת ביצוע סקשן) יש תמט של הריאות, הלחץ יורד וכל ה-PEEP שהיה עד כה אובד. כדי לשחזר את ה-PEEP בחלקי הריאה שעברו תמט יש צורך לעתים לבצע תמרון גיוס (recruitment maneuver). תמרון זה לא יוסבר בחוברת זו, בעיקר משום שהוא דורש הכשרה מעשית בביצועו.

← לרשות יחידות לטיפול נמרץ עומדות טכניקות נוספות במקרה של קושי חימצוני ניכר (למשל, Inhaled Nitric Oxide או הנשמה על הבטן - Prone Positioning). לכן, במטופלים שלא מצליחים לשמור על חמצון ראוי באמצעות שליטה על פרמטרי PEEP ו- $\text{FiO}_2$ , ראוי להתייעץ עם רופא מהיחידה לטיפול נמרץ לצורך שקילת העברתם לטיפול מתקדם.

**במטופלים עם מחלה לא סימטרית של הריאות** (למשל - דלקת ריאות או תמט של ריאה אחת בלבד), כאשר הריאה השנייה מתפקדת באופן תקין, עיקר הבעיה הינה שאנט: 50% ממחזור הדם הריאתי עובר דרך ריאה שלא משתתפת היטב בתהליך החימצון.

העלאת PEEP או נפחים בחולים אלו לא תעזור, כיוון שהריאה החולה תתקשה להגיב גם ל-PEEP גבוה ואילו הריאה הטובה תינזק מהלחצים הגבוהים ותהפוך גם היא לחולה. דהיינו, בחולים עם מחלה אסימטרית, עומדים לרשותנו מעט מאד כלים לשפר את החמצון. לעתים, מסלול הפעולה בחולים אלו הינה להשכיב אותם על הצד הבריא: בזכות הגרביטציה, לריאה הבריאה תהיה יותר זרימת דם ופחות אוורור, ובריאה החולה להיפך.

## עקרונות הפרק

- חשוב לשמור על סטורציה של מעל 90% אך גם חשוב להעריך באופן תדיר (אחת ליום) מהו ה-P/F Ratio כדי להבין כמה טוב מבצעות הריאות את מלאכת החמצון.
- להימנע, ככל הניתן, ממתן אחוז חמצן גבוה לאורך זמן.
- ההגדרות המינימליות של המנשם הן, PEEP=5 mmHg,  $FiO_2 = 40\%$ . במידה והחולה זקוק ליותר תמיכה כדי לשמור על סטורציה בין 90%-96% כדאי להעלות גם ב- $FiO_2$  וגם ב-PEEP במקביל, תוך ניטור לחץ הדם.
- במטופלים עם מחלה לא סימטרית של הריאות, יש להשכיב על הצד הבריא כדי להפחית את השאנט.

אורור הינו למעשה מידת פינוי הפחמן הדו-חמצני ( $\text{CO}_2$ ) מזרם הדם דרך הריאות. ככל שהאורור ירוד יותר, כך רמת ה- $\text{CO}_2$  בדם תלך ותעלה, ולהפך. האורור מושפע מסך האוויר הצח שנכנס ויוצא מן הריאות בדקה (Minute Volume / MV) שהוא כידוע מכפלה של נפח הנשימה הבודדת ( $\text{Tidal Volume} / V_T$ ) ושל קצב הנשימות ( $\text{Respiratory Rate} / \text{RR}$ ). למשל, למטופל הנושם 500 מ"ל בקצב 12 לדקה יהיה Minute Volume של 6 ליטרים ( $500 \times 12$ ).<sup>14</sup>

את מידת האורור של המטופל אנחנו מעריכים באמצעות בדיקת גזים בדם. ערך ה- $\text{CO}_2$  בדם ורידי הוא ברוב המקרים קרוב עד כדי 5 מ"מ"כ לערך ה- $\text{CO}_2$  בדם העורקי, ולכן גם גזים ורידיים יכולים לשמש אותנו למעקב אחרי מצב האורור של מטופל. חשוב לבדוק גזים בדם בתדירות גבוהה במטופלים מונשמים (רצוי אחת ביום) וכמובן אחרי כל שינוי בפרמטרי ההנשמה. במידה והדבר מתאפשר מומלץ גם לנטר את רמת הפחמן הדו חמצני הנפלט בנשימה ( $\text{EtCO}_2$ ) באמצעות קפנוגרף: אמנם הערכים עצמם בד"כ אינם זהים בין הדם ובין האוויר הנפלט, אך ניתן להתייחס למגמה כאמיתית (למשל, אם היה  $\text{EtCO}_2=35$  ולאחר מספר שעות  $\text{EtCO}_2=60$  כנראה שגם רמת ה- $\text{CO}_2$  בדם עלתה ב-25 מ"מ"כ).

14 יש לזכור שה-Minute Volume אינו זהה ל-Alveolar Ventilation, אשר שווה ל-MV - dead space.

במטופל מונשם נכוון לכך שבבדיקת הגזים ערך pH יהיה בטווח התקין (7.35-7.45). במטופל ללא הפרעה מטאבולית, הדבר אומר  $PCO_2=40$  לערך; במטופל עם חמצת מטאבולית מכל סיבה, נשאף להגביר את האוורור (כלומר להוריד את רמת ה- $CO_2$  בדם) כדי לאפשר פיצוי רספירטורי, בדומה לפיצוי שהיה מתרחש לו החולה היה נושם בכוחות עצמו.

כאמור כדי להגביר את האוורור עלינו להגדיל את ה-Minute Volume, ולשם כך אפשר להגדיל או את ה-RR או את ה- $V_T$ . כל עוד קצב הנשימה עומד על פחות מ-20 נשימות לדקה, הגדלת ה-RR תביא להגדלה משמעותית יותר ב-MV מאשר הגדלת ה- $V_T$ <sup>15</sup>, ואכן ברוב המקרים כאשר ידווחו לנו על מטופל עם ערך  $CO_2$  גבוה מהרצוי, הפתרון הקל יהיה העלאת קצב הנשימות. אפשר להרגיש בנוח לעלות עד 22 נשימות לדקה, הגורם המגביל הינו משך האקספיריום והסכנה מפני כליאת אוויר (ראה פרק מכניקת הנשימה להלן).

לחילופין, אפשר להגדיל את ה-Tidal Volume, אך עלינו לזכור לשמור על לחצי פלאטו מתחת ל-30 ס"מ מים.

---

15 נניח ומטופל נושם 12 נשימות בדקה בנפח 500 מ"ל. בכדי להשיג עלייה של 25% ב-MV עלינו להעלות את ה-RR ל-15, או להעלות את נפח הנשימה ל-625 מ"ל. עם זאת, עלינו לזכור כי ערכי RR גבוהים מדי עלולים לגרום ל-Dead Space Ventilation, כלומר תזוזה של האוויר בדרכי האוויר מעלה ומטה מבלי הכנסת אוויר צח בכמות מספקת אל הריאות.

**במטופל הנושם ספונטנית**, בין אם בשיטת הנשמה ספונטנית לחלוטין (SPONT) ובין אם כנשימות נוספות בשיטת הנשמה מנדטורית כגון SIMV, ביכולתנו להשפיע על האורור על ידי העלאת ה-Pressure Support שניתן לכל נשימה, אשר בתורו יגדיל את ה- $V_T$  הספונטני.

**Permissive Hypercapnia:** כזכור, אחד הפרמטרים החשובים ביותר להגנה על הריאות בזמן הנשמה פולשנית הינו מתן נפחי  $V_T$  ולחצי פלאטו נמוכים. אך מה נעשה עם חולה בו הניסיון לשמור על נפחים ולחצים נמוכים מביא להתפתחות חמצת רספירטורית? במקרים אלו עדיף להתפשר על רמת ה- $CO_2$  בדם, ולכן נאפשר היפרקפניה ואף רמה קלה של חמצת רספירטורית (כל עוד  $pH > 7.2$ ) כדי לאפשר הנשמה בנפחים ולחצים נמוכים.

## עקרונות הפרק

- ככל שהאורור גדל רמת ה- $\text{CO}_2$  בדם יורדת, ולהיפך. לכן, חשוב לעקוב אחרי בדיקות גזים בדם באופן תדיר.
- אורור נקבע על ידי ה-minute volume ולכן הפרמטרים המשפיעים על האורור הם  $\text{RR}$ ,  $V_T$ ,  $\text{PS}$ . ככל שנגדיל אחד (או יותר) מפרמטרים אלו יגדל האורור.
- במטופל הזקוק להגדלת אורור, נתחיל בד"כ מהעלאת  $\text{RR}$  תוך ניטור מפני כליאת אוויר. אפשר במקביל להעלות  $\text{PS}$  ו/או  $V_T$  תוך ניטור לחצי השיא.
- אם כדי להשיג אורור תקין יש להגיע לנפחי הנשמה גבוהים ו/או לחצי הנשמה גבוהים, מוטב להוריד מעט את יעד האורור כל עוד נשמר  $\text{pH} > 7.2$  - Permissive Hypercapnia.



## מכניקת הנשימה

**הערה:** פרק זה קשור מאד גם לפרק "תכניות הנשמה" לעיל, והבנת אחד מהפרקים תלויה בהבנת השני. מומלץ לחזור ולקרוא את פרק "תכניות הנשמה" אחרי סיום קריאת פרק זה.

ישנם מספר פרמטרים אותם חשוב להכיר במכניקת הנשימה של החולה המונשם. לצורך הפשטות הדוגמאות הבאות מתייחסות לחולה מונשם פסיבית (למשל מורדם עמוק) אבל ההגיון תקף גם לחולה שיוזם נשימות עצמיות:

**Inspiratory Flow:** קצב זרימת האוויר מהמנשם אל החולה בזמן האינספיריום. קצב ברירת המחדל יעמוד בד"כ על כ-40 ליטר/דקה, ונתון זה ניתן לשינוי על ידי המפעיל.

**Inspiratory Time (Ti):** משך הזמן המוקצה לאינספיריום בכל נשימה. מושפע כמובן מה-Inspiratory Flow (ככל שה-Flow גבוה יותר כך ה-Inspiratory Time קצר יותר).

**E Ratio:** היחס בין פרק הזמן המוקדש לאינספיריום (I) ובין פרק הזמן המוקדש לאקספיריום (E) במחזור הנשימה. היחס הפיזיולוגי עומד על 1:2. בחולים עם הפרעה חסימתית (COPD / אסתמה) היחס בד"כ גבוה יותר ועומד על 1:3 ואף יותר<sup>16</sup>.

---

16 בחולים עם הפרעה היפוקסמית קשה לעתים נפחית את היחס תת-פיזיולוגי כגון 1:1 ולעתים אף פחות מכך (מה שמכונה Inverse Ratio Ventilation). יש לציין שאין ראיות חזקות ליעילותה של טכניקה זו לשיפור החמצון.

יחס ה-I:E נקבע על ידי המפעיל ונמצא בקשר ישיר ל-Inspiratory flow. ניקח לדוגמה חולה המונשם V-SIMV עם  $V_T=500\text{ml}$ ,  $RR=10$ . מכאן שלכל מחזור נשימה מוקצות 6 שניות (10/60). בהינתן I:E ratio של 1:2 הרי שבכל מחזור נשימה מוקצות 2 שניות לאינספיריום ו-4 שניות לאקספיריום. מכאן, שה-Inspiratory Flow יהיה  $500\text{ml} / 2\text{sec} = 15 \text{ lit/min}$

← ככל שנעלה את ה-RR כך ניאליץ להגביר גם את ה-Ins. Flow, כלומר לקצר את ה-Inspiratory Time, כדי לשמור על I:E Ratio קבוע.

← אם נרצה לשמור על קצב נשימה ולהעלות את ה-I:E Ratio (חולה עם מחלה חסימתית) נצטרך להעלות את ה-Ins. Flow, כלומר לקצר את ה-Inspiratory Time.

← מנשמים שונים יאפשרו שליטה על פרמטרים שונים: בחלק ניתן לקבוע ישירות את ה-I:E Ratio ואילו אחרים ידרשו קביעה של  $T_i$  או Inspiratory Flow. למעשה כל המדדים הללו הינם חליפיים כיוון ששינוי באחד מהם גורר שינוי באחרים [בהינתן RR קבוע].

**Plateau Pressure (Ppl)**: זהו לחץ סטטי, כלומר הלחץ במערכת בזמן שאין בה זרימה (אחרי סוף האינספיריום ולפני תחילת האקספיריום). מושפע רק מההיענות הריאתית ומנפח האוויר שהוכנס אל הריאות<sup>17</sup>.

---

17 לחץ הפלאטו מוגדר כ-  $P_{plat} = V_T/C$ . C הינה ההיענות הריאתית ומוגדרת כ-  $\Delta V/\Delta P$ . אם נשווה את הריאה לבלון - בלון עם גומי עבה יותר הוא עם היענות נמוכה יותר, ולהיפך.

ההיענות הריאתית יורדת בחולים עם בצקת ריאות / ARDS, דלקת ריאות קשה, מחלה רסטרקטיבית, השמנה חולנית, תפליטים פלאורליים. מחקרים מצאו כי יש חשיבות רבה בשמירה על ערכי Ppl נמוכים מ-30 ס"מ מים<sup>18</sup>, ובחולים בהם לאורך זמן הלחצים גבוהים יותר - יש סיכוי מוגבר יותר לברוטראומה, יותר תמותה ויותר סיבוכים.

**Peak Pressure:** הלחץ המקסימלי הנוצר בזמן הזרמת האוויר דרך דרכי האוויר אל הריאות. מהווה סכום של לחץ הפלאטו וכן של הלחץ הדינאמי, כלומר הלחץ הנגרם מהתנגדות לזרימת האוויר, ומקוטר הטובוס ודרכי האוויר<sup>19</sup>.

לא נמצא כי ערך ה-Peak Pressure נמצא בקורלציה לתוצאים קליניים. הסיבה שמזכירים אותו היא כי רוב המנשמים מודדים באופן קבוע את ה-Peak Pressure ולא את ה-Plateau Pressure. היות ועל פי ההגדרה  $P_{peak} > P_{plateau}$ , אם נראה במנשם ש- $P_{peak} < 30$  הרי שבוודאות גם  $P_{plateau}$  עומד ביעד.

---

18 למעשה, הלחץ שמשנה הינו ה-Transpulmonary Pressure כלומר הפרש בלחצים בין הריאה לבין הלחץ בחלל הפלאורלי. במקרים בהם עלייה ב-Pplat נגרמת מהפרעה חוץ פלאורלית (למשל תפליט פלאורלי גדול או השמנה קיצונית), אין באמת סכנה מוגברת לברוטראומה לריאות. יחד עם זאת היות ובמחלקה הפנימית, וברוב היחידות לטיפול נמרץ, לא מודדים באופן רציף את הלחץ הפלאורלי - אנחנו נאלצים להסתפק ב-Pplat שנמדד במנשם.

19 הלחץ מוגדר כ- $Paw = Flow \times Res$ . הינה התנגדות דרכי האוויר ומוגדרת לפי משוואת Poiseuille כלומר נמצאת ביחס ישיר לאורך דרכי הנשימה ובחזקת 4 (!) לקוטרן. לכן תמיד כדאי להשתמש בטובוס גדול.

**PEEP:** הוסבר גם בפרק חמצון- זהו הלחץ החיובי הנשמר לכל אורך מחזור הנשימה. מטרת ה-PEEP להבטיח פתיחה של הנאדיות לכל אורך מחזור הנשימה ולמנוע collapse שלהן בסוף כל מחזור. בכך הוא גם מגן על הריאות מפני נזק מכני Atelectotrauma. החיסרון העיקרי של PEEP הינו פגיעה בהחזר הורידי אל הלב ובכך פגיעה בלחץ הדם.<sup>20</sup>

**כליאת אוויר:** למונח זה שמות חלופיים רבים - Intrinsic PEEP, Air Trapping, Breath Stacking, Auto-PEEP, Dynamic Hyperinflation אך לכולם משמעות זהה: תחילת מחזור נשימה לפני סיום מחזור הנשימה הקודם, או במילים אחרות תחילת ניפוח הריאות לפני התרוקנות מהנשימה הקודמת. התוצאה הינה PEEP הולך ועולה, וכתוצאה מכך לחצי נשימה הולכים ועולים, ירידה בנפח הנשימה ( $V_T$ ) ולעתים גם פגיעה בלחץ הדם בשל פגיעה בהחזר הורידי. זיהוי מצב זה מתבצע ע"י הסתכלות על עקומת Flow במנשם וזיהוי כי הזרימה השלילית (אקספיריום) לא מתאפסת לפני מעבר לזרימה חיובית (אינספיריום) ובמקביל זיהוי כי רמת ה-PEEP הנמדד הולך ועולה (ראה איור).

הפתרון למצב זה מתחלק לשניים: בשלב המידי - ניתוק הטובוס מהמנשם ומתן זמן לריאות להתרוקן עד תום. בשלב השני, אחרי

---

20 ראו להזכיר גם את מונח ה-Driving Pressure, שמוגדר כהפרש בין PEEP ובין Plateau Pressure. מחקרים עדכניים מצאו כי הוא נמצא באסוסיאציה טובה יותר עם תוצאים קליניים מאשר הפרמטרים הקלאסיים כגון  $V_T$  או plateau pressure בלבד, אם כי השימוש הקליני בו עדיין לא מאד נפוץ.

חיבור מחדש של המנשם, הורדת קצב הנשימה ו/או העלאת ה- $Peak\ ins.\ Flow$  כדי להאריך את האקספיריום (להעלות  $I:E$  Ratio) ולאפשר לריאות להתרוקן עד תום בסוף כל נשימה.

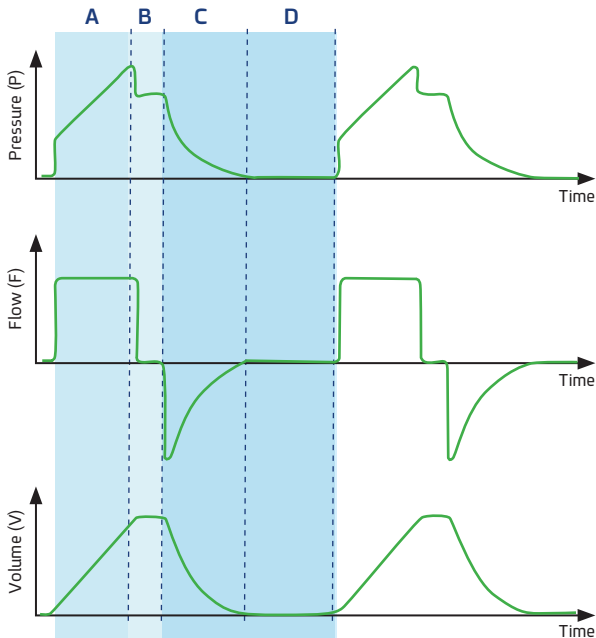
**Barotrauma**: נזק לנאדיות הנגרם מלחץ מוגבר.

**Volutrauma**: נזק לנאדיות הנגרם ממתחה מוגזמת.

**Atelectotrauma**: נזק לנאדיות הנגרם מאטלקטזיס, קרי קריסה וניפוח חוזרים ונשנים של הנאדית.

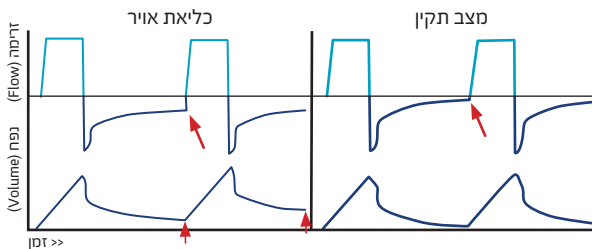
## הייצוג הגרפי למחזור הנשימה:

מחזור הנשימה במטופל המונשם כולל מספר שלבים - ראה ציור:



מקור: אדפטציה של <https://www.slideshare.net/smruti009u/ventilator-graphics-6552068>

- A אינספיריום:** Flow חיובי, לחץ הולך ועולה עד הגעה ל-Peak Pressure, נפח הולך ועולה עד הגעה ל-Tidal Volume.
- B שלב שחלוף הגזים:** אחרי סיום האינספיריום ולפני תחילת האקספיריום: Flow מתאפס, לחץ נותר קבוע על Plateau Pressure, נפח נותר קבוע על Tidal Volume.
- C אקספיריום:** Flow שלילי שהולך וקטן (בערכו המוחלט) עד הגעה לאפס; לחץ הולך ויורד עד הגעה ל-PEEP; נפח הולך וקטן עד הגעה לאפס.
- D מנוחה בין מחזורים:** Flow ונפח עומדים על אפס, לחץ עומד על PEEP.



מקור: אדפסגיה של <https://www.consultant360.com/articles/pitfall-initial-management-mechanical-ventilation-copd-and-asthma>

**כליאת אויר מול מצב תקין:** שימו לב כי בתום מחזור נשימה, הזרימה אינה מתאפסת (בערכה המוחלט) וגם ה-PEEP נותר גם הוא גבוה מ-0, והולך ועולה מנשימה לנשימה.

לאחר שהבנו את כל הפרמטרים הללו, נתמקד בהשלכות הפרקטיות לניהול ההנשמה של חולים מסוגים שונים:

### **חולה עם הפרעה חסימתית (COPD / אסתמה)**

עיקר הבעיה הינה באקספיריום ולא באינספיריום, ולכן נשתדל לאפשר אקספיריום ארוך ככל הניתן. לשם כך נכוון לקצב הנשמה נמוך, ורצוי גם נפחים נמוכים. במידה ויש צורך לשפר אוורור עדיף להעלות נפחים ולא קצב הנשמה (הפוך מההעדפה בחולה ללא הפרעה חסימתית). במידה ויש כליאת אוויר אך אין אפשרות להגדיל את הנפח (בגלל לחצי Plateau גבוהים) או להקטין את הקצב (בגלל היפרקפניה), יש להעלות את ה-I:E ratio (כלומר מ-1:2 עד 1:4). בחלק מהמנשמים מבצעים זאת על ידי הורדת ה-inspiratory time (לא פחות מ-0.9 שניות) או העלאת ה-Inspiratory Flow (לא יותר מ-50 ליטר/דקה). ראוי לציין כי בחולה הסובל מאסתמה או COPD, במקביל לשיפור מכניקת ההנשמה, יש להמשיך בטיפול במחלה היסודית - בין היתר באמצעות מתן מרחיבי סימפונות ו/או סטרואידים באינהלציה, על בסיס צנרת המנשם.

### **חולה עם בצקת ריאות או ARDS (מחלה הומוגנית של הריאות)**

כאמור המחלה הינה הומוגנית, כלומר מערבת את כל הרקמה בשתי הריאות בצורה דומה. עיקר הבעיה הינה היענות ריאתית ירודה שמביאה לבעיה חמצונית יותר מאשר אוורורית. במצבים אלו עדיף להשתמש ב-PEEP גבוה (עד 10) ונפחים נמוכים (סביב 6 מ"ל ל-lean body weight).



במידה ויש צורך בשיפור אוורור עדיף להעלות קצב על פני נפח. אפשר ואף רצוי לכוון ליחסי E:I:נמוכים (אפילו 1:1) כדי לאפשר זמן שחלוף גזים מקסימלי ולשפר את החמצון.

### **חולה עם דלקת ריאות (מחלה לא הומוגנית של הריאות)**

כאן קיימת מורכבות, כאשר חלק מן הריאה בריא וחלק אחר חולה - מחלה לא הומוגנית. במקרים אלו כל העלאה בפרמטרי ההנשמה (לחץ, נפח) תשפיע באופן בלתי אחיד על שתי הריאות. האיזור הבריא והמאוורר יקבל יותר נפח ולחץ ממה שהוא צריך ואילו האיזור החולה לא יושפע. לכן המטרה במצבים אלו הינה לשמור על הריאה הבריאה על ידי PEEP נמוך ואף נפחים נמוכים, ובמקביל להשכיב את החולה על הצד הבריא כדי להבטיח אוורור טוב לריאה החולה ואספקת דם טובה לריאה הבריאה (שיפור V/Q mismatch).

## עקרונות הפרק

- חשוב להבין את משמעות הפרמטרים השונים כדי להבין את התראות המכונה ואת הסיבה לתקלות שונות.
- לחץ ה-peak מושפע משני מרכיבים: לחץ דינמי (המושפע מקצב זרימת האוויר - Flow ומהתנגדות דרכי האוויר אשר קשורה לאורכן ולקוטרן) ולחץ סטטי, או לחץ ה-plateau (המושפע מנפח הנשימה ומהיענות הריאות).
- חשוב להגדיר פרמטרי הנשמה תוך שמירה על גבולות  $30 < \text{plateau pressure}$ , נפחי הנשמה נמוכים מ-6-8 מ"ל לק"ג, וכן הימנעות מכליאת אוויר. הפרמטרים המשפיעים על גבולות אלו הן  $\text{RR}$ ,  $V_T$ , I:E ratio.
- ישנם עקרונות הנשמה שונים לחולים במחלות מסוגים שונים (חסימתית, הומוגנית ולא הומוגנית) - מפורטים בגוף הפרק.

פרק זה מתייחס לשני סוגי תקלות: (1) תקלות חירום ו-(2) תקלות מתמשכות עם קושי בהנשמה ("מנשם מצפצף"). קיימים קווי דמיון בתפעול שני סוגי התקלות.

### תפעול תקלות חירום

הכוונה כאן למצבים כגון התפתחות דסטורציה חדה או ירידה חדה בנפחי ההנשמה. במצב זה התפעול מתחלק לשניים - בשלב ראשון ביצוע מספר פעולות באופן אוטומטי (מתוך הבנה כי מרבית התקלות יפתרו באמצעות ביצוען), ובשלב שני - במידה והתקלה לא נפתרה - ניסיון להתחקות אחרי הסיבה לבעיה.

### שלבי התפעול של תקלת חירום:

- 1 השתקת אזעקות. מרגע שזיהיתם כי קיימת בעיה, המשך הצפצופים רק מייצרים סביבת עבודה פחות אפקטיבית, ולא מוסיפים אינפורמציה בעלת ערך.
- 2 מעבר להנשמה באמבו המחובר ל-100% חמצן. להנשמה באמבו מספר יתרונות: היא מתגברת על כל תקלה אפשרית במכשור ההנשמה, בצנרת ובפילטרים; היא מאפשרת "להרגיש" את החולה ולהבין אינטואיטיבית אם יש חסימה/התנגדות או שמא לא זה מקור הבעיה; ולבסוף, ההנשמה באמבו מאפשרת לפרוץ את מגבלות המכונה ולהבטיח חמצון תקין לחולה במעמד החירום.

3 העברת סקשן (אפשר גם עם סליין). פעמים רבות מקור הבעיה הינו חסימה בצינור ההנשמה.

במידה ולאחר שלבים אלו מצבו של החולה לא משתפר, עלינו לנסות ולזהות את מקור הבעיה. לצורך כך תחילה עלינו לאסוף מידע: איך ההנשמה באמבו - קלה? חסומה? האם ההנשמה אפקטיבית?

← האזנה לריאות: מה מיקום הטובוס? האם כניסת אויר טובה דו צדדית? צפצופים? חרחורים?

← קפנוגרפיה (אם יש במחלקתכם): האם יש צבירת פד"ח? האם הטובוס במקום? האם תמונת הקפנוגרפיה מתאימה להפרעה חסימתית?

← צילום חזה דחוף, ובמידת האפשר גם US ריאות לצד מיטת החולה.

ברוב המקרים, ארבע בדיקות אלו יספיקו כדי לגבש אבחנה. בהמשך עלינו לגבש אבחנה מبدלת למקור הבעיה. ניתן להיעזר בקיצור DOPE:

Displacement - ניתוק צנרת / יציאת טובוס מהקנה?

Obstruction - כפף (קינק) בצנרת ההנשמה; mucus plug;

התנגדות פעילה של החולה להנשמה.

Pneumothorax, Auto-PEEP or PE

Equipment - דלף בלונית, חסימת פילטר, נוזל בצנרת, פגיעה במנשם או באמבו.

אם עדיין לא הצלחנו למצוא ולתקן את הבעיה עד שלב זה, כדאי להיוועץ ברופא טיפול נמרץ.

### **תפעול קושי בהנשמה / "מנשם מצפצף"**

ההתייחסות כאן לתקלה שמתבטאת בעיקר בבעיה במנשם, ללא פגיעה (בטווח הקצר) בחמצון או באוורור של החולה. במקרה זה יש לנו די זמן להתחקות אחר מקור הבעיה. מנשם מצפצף כאשר יש סטייה של ערכים הנמדדים מספי אזהקות שנקבעו מראש. חשוב לזכור זאת, כי ישנם מקרים בהם הפתרון להתרעות המנשם הינו שינוי ספי האזהקה - שנקבעים על ידי המפעיל. יחד עם זאת, זהו הפתרון האחרון, רק אחרי שמבינים היטב את הסיבה להתרעה ומשוכנעים כי לא מדובר בבעיה אמיתית אשר מסכנת את החולה. כאשר מנשם מצפצף - הוא מספק אינפורמציה נוספת (ויזואלית) לגבי הסיבה לבעיה. לכן בשלב ראשון כדאי להסתכל על מהות הבעיה ולנסות להבין אותה. אם הסיבה אינה ברורה במבט ראשון, גם כאן כדאי להתחיל מסט פעולות "אוטומטי" שיפתור את מרבית הבעיות, ובשלב שני לנסות להתחקות בצורה שיטתית אחרי הסיבה לבעיה.

1 השתקת אזהקות.

2 יודא שלמות כל הצנרת (מפתח היציאה מהמנשם ועד לחיבור לטובוס).

3 התבוננות בפילטר ההנשמה - האם סתום? האם צנרת מלאה בנוזלים?

4 העברת סקשן.

5 וידוא ניפוח בלנית בטובוס.

6 במידה ועד כה לא זוהתה הבעיה - מעבר להנשמה באמבו, איסוף מידע (האזנה, קפנוגרפיה, הדמייה) באופן דומה למה שתואר לעיל עבור תקלת חירום.

7 אם לא זוהתה הבעיה עד כה - אפשר וכדאי לבקש עזרה - מטכנאי הנשמה ו/או רופא מרדים / טיפול נמרץ שיוכל לסייע בזיהוי מקור הבעיה.

נתייחס כעת למספר אזעקות מנשם נפוצות שכדאי להכיר ולדעת כיצד לתפעל.

**High Pressure:** לחצי ההנשמה גבוהים. נובע מעלייה בהתנגדות דרכי האוויר או מירידה בהיענות הריאתית. יכול לנבוע מקינק/חסימה בצינור ההנשמה (mucus plug), התנגדות של המטופל להנשמה (תת-דציה) או הפרעה בהיענות הריאתית כגון פנאומותרקס או auto-PEEP. הפתרון יהיה זיהוי הגורם לבעיה וטיפול נקודתי בו. ראה בהמשך התייחסות ל-Ins. Pause maneuver כאמצעי נוסף לאיתור מקור הבעיה.

**High Rate:** חולה מונשם בקצב גבוה מדי. זו תקלה שמופיעה רק בחולה שמוסיף נשימות ספונטניות ומקור הבעיה הוא פיזיולוגי: כאבים? חום? אי נוחות? פיצוי רספירטורי על חמצת מטאבולית? לעתים הדבר מבטא גם חוסר סינכרון של המטופל עם המנשם ובמצב זה אפשר לשקול לעבור לשיטת הנשמה ללא נשימות מנדטוריות (כגון SPONT). לעתים הדבר מבטא "רעב לאוויר" של המטופל, ובמקרים אלו ראוי לבחון את ה- $V_T$  הספונטני ולשקול העלאת ה-Pressure Support.

**High Tidal Volume:** נפחים גבוהים של נשימות בודדות (במטופל הנושם ספונטנית או מונשם באמצעות Pressure Control). כדי לאזן את ה- $V_T$  אפשר להפחית את ה-Pressure Support.

**Low Rate ix Apnea:** תקלה זו תופיע בתכניות הנשמה בהן אין נשימות מנדטוריות (כגון SPONT), או בתכנית מנדטורית אם הגדרנו RR נמוך מאד. גם כאן מדובר בתקלה שמקורה פיזיולוגי. מדובר בחולה שלא יוזם די נשימות (בשל פגיעה מוחית או הרדמה עמוקה מדי) והפתרון יהיה לעבור לשיטת הנשמה הכוללת נשימות מנדטוריות כגון SIMV. חשוב לציין כי במידה ומופעלת אזעקת Apnea, רוב המנשמים יפעילו תכנית גיבוי (Apnea Ventilation) שנועדה למנוע מצב של אפניאה ממושכת. אופי תכנית הגיבוי - כמה נשימות ובאילו פרמטרים - משתנה בין מנשם למנשם.

**Low Tidal Volume**: נפחי ההנשמה נמוכים מדי. יכול להיגרם כתוצאה מ-Pressure Support נמוך מדי או כתוצאה מ-Pressure Limitation (ראה להלן).

**Pressure Limitation**: זוהי למעשה אזעקת  $V_T$  Low כתוצאה מ-High Pressure - כאשר חולה מונשם ב-Volume SIMV, מתן הנפח מופסק כי הזרמתו מביאה ללחץ גבוה מדי. צריך לנסות ולהבין מה הסיבה ללחץ המוגבר ולטפל בה.

**Low Expiratory Volume or Low Pressure**: במקרים אלו לרוב מדובר בדלף אוויר, יש לבדוק את הצנרת ואת ניפוח הבלונית. לחילופין, לעתים מקור התקלה הינו חוסר סינכרון בין המטופל למנשם. הטיפול במצבים אלו כולל העמקת הרדמה או לחילופין מעבר למוד הנשמה שאינו מנדטורי.

### **Inspiratory and Expiratory Pause maneuvers**

בחלק נכבד מן המנשמים קיימת אפשרות לבצע maneuvers אלו שתכליתם להעריך בצורה טובה יותר את היענות וההתנגדות הריאתית. חפשו במנשם הספציפי את הכפתורים הרלוונטיים.

**Inspiratory pause**: אחרי סיום מילוי הריאות (אינספיריום) יש השהייה של מס' שניות לפני התחלת האקספיריום (כמובן יעבוד רק בחולה שלא יוזם נשימות באופן עצמוני). בשלב זה אין זרימה במערכת וכך ניתן להעריך את ה-Plateau Pressure. כך ניתן להבין האם אזעקות מסוג High peak pressure מקורן בהיענות נמוכה או



בהתנגדות גבוהה. לפי הלחץ בזמן ה-insp. Pause אפשר לפתח אבחנה מبدלת למקור הבעיה:

לחץ שיא גבוה ולחץ Plateau נמוך	לחץ שיא גבוה ולחץ Plateau גבוה
התנגדות גבוהה של דרכי האוויר	היענות ריאתית נמוכה
<ul style="list-style-type: none"> <li>● קינק בצנרת</li> <li>● הפרשות בטובוס</li> <li>● ברונכוספאזם</li> <li>● נשיכת טובוס</li> <li>● חוסר סינכרון מנשם-מטופל</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● בצקת ריאות / ARDS</li> <li>● טובוס עמוק (one lung intubation)</li> <li>● תפליטים פלאורליים</li> <li>● חזה אויר</li> <li>● תמט</li> <li>● השמנת יתר</li> <li>● מחלת ריאות אינטרסטיציאלית</li> <li>● לחץ תוך בטני גבוה</li> </ul>

**Expiratory pause** פועל בצורה דומה - השהייה בין סוף האקספיריום לתחילת האינספיריום הבא. בזמן זה ניתן להעריך את ה-PEEP ולהבין האם הוא שווה ל-PEEP האקסטרינזי (שקבענו) או שקיים מרכיב נוסף אינטרינזי (Auto PEEP). חשוב בעיקר כשאנחנו חושדים בכליאת אוויר.

## עקרונות הפרק


- בכל תקלה יש מקום לביצוע "אוטומטי" של 3 פעולות: השתקת אזעקות, העברת סקשן ומעבר להנשמה באמבו.
- יש לגבש אבחנה מبدלת בנוגע למהות הבעיה. לצורך זאת יש לאסוף מידע באמצעות האזנה לריאות, צילום חזה / US חזה, הפרמטרים הנמדדים מהמנשם וקפנוגרפיה.
- האבחנות המבדלות החשובות ניתנות באמצעות הקיצור DOPE: Displacement, Obstruction, Pneumothorax, Equipment.
- חשוב להכיר את הגורמים לסיבות הנפוצות ל"מנשם מצפצף" ואת הגישה לטיפול בהן.

## הרדמה וגמילה מהנשמה


גמילה מהנשמה היא מרכיב חשוב והכרחי בטיפול בחולה המונשם. המטרה היא כמובן לגמול את רובם המוחלט של החולים מהנשמה מלאכותית.


חוברת זו עוסקת בהנשמה ולא בהיבטים אחרים של טיפול בחולה המונשם, אולם כדי לדון בגמילה מהנשמה אין מנוס מלהתייחס גם **להרדמת חולים מונשמים:**

אמנם האינטרס של הצוות המטפל הינו להבטיח שהחולים יהיו מורדמים עמוקות, ללא התנגדות לטיפול הסיעודי או למנשם. כך התורנויות הרבה יותר רגועות... אבל, חולה המורדם עמוק מדי לעולם לא יגמול. זאת ועוד, לחומרי הרדמה (ובעיקר לבנזודיאזפינים הנפוצים בשימוש במחלקות הפנימיות) נטייה להצטבר ברקמות - ככל שהחולה מקבל אותם זמן ממושך יותר כך ייקח זמן רב יותר ממועד הפסקתם ועד פינויים מהגוף (והתעוררות המטופל). כדי לאפשר גמילה מהירה מחומרי הרדמה עלינו להקפיד על מספר עקרונות:

 **הרדמה מבוססת אנלגטיקה:** הצורך בהרדמה הינו בעיקר כדי להקל על הסבל הנובע מהנשמה פולשנית מלאכותית. חלק ניכר מהסבל נובע מכאבים (טובוס, שכיבה ממושכת ועוד) ולכן הבסיס לכל הרדמה יהיה אנלגטיקה טובה, ובעדיפות מבוססת אופיואידים (מורפיום או פנטניל).

בחולה חופשי מכאבים, לרוב ניתן להסתפק בחומרים מיישנים (כגון מידאזולם) במינונים נמוכים למדי.

 **הרדמה לא עמוקה:** עלינו לשמור על החולה רדום בצורה מינימלית בלבד (ניקוד 3-4 לפי סולם Riker). בפועל, המטרה היא שהחולה יהיה רדום, לא יתנגד לצוות ולמנשם, אך יגיב לגירוי קל (קריאת שמו או מגע עדין) וימלא הוראות. אם החולה מורדם עמוק יותר מכך, עלינו להפחית את מינון חומרי ההרדמה כדי להביאו לכך.

 **הפסקה יומית של סדציה:** הפסקה זמנית (למספר שעות) מדי יום של כל חומרי ההרדמה מאפשרת שתי מטרות: הערכה ניירולוגית יומית שתאפשר זיהוי מוקדם של החמרה ניירולוגית בחולה מורדם, ובנוסף חלון זמנים בו חומרי ההרדמה שהצטברו ברקמות יוכלו להתפנות מהגוף, כך שגם לאחר הרדמה של זמן ממושך לא תהיה הצטברות משמעותית של החומרים ברקמות. הפסקה יומית של סדציה נמצאה כמקצרת ימי אשפוז ומפחיתה סיכון לדליריום.

שמירה על עקרונות אלו תאפשר לנו לקצר למינימום את משך הזמן בין מועד ההחלטה על הפסקת חומרי ההרדמה ובין הגעתו של החולה למצב הכרה שיאפשר גמילה מהנשמה.

ישנן שיטות רבות לגמילה מהנשמה, ואופן הגמילה תלוי גם בנהלי העבודה של המחלקה הספציפית, אולם ישנם מספר עקרונות הנכונים לכל שיטות הגמילה:

1 פרוטוקול גמילה אחיד: מחקרים לא מצאו הבדלים בין פרוטוקולים שונים לגמילה מהנשמה, אבל כן נמצאו הבדלים ברורים בין יחידות שמבצעות גמילה מהנשמה לפי פרוטוקול סדור ובין אלו בהן לא הונהג פרוטוקול. לכן, יש משמעות רבה להגדרת פרוטוקול אחיד לגמילה מהנשמה ולפעולה אחידה לפיו. מצורף לחוברת זו פרוטוקול הגמילה של מחלקה פנימית ג' במרכז הרפואי תל אביב (המבוסס על הפרוטוקול ביחידה לטיפול נמרץ), כדוגמא. העקרונות ההכרחיים בכל פרוטוקול כוללים:

- הבעיה היסודית בעטיה החולה הונשם - חלפה או נמצאת בתהליכי שיפור (יציאה מספסיס, חזרה להכרה וכו'). אם לא פתרנו את הבעיה היסודית הרי ברור שעדיין צריך הנשמה!
- חולה תחת מינונים מינימליים של חומרי הרדמה או ללא הרדמה בכלל, עירני ובהכרה מלאה, מסוגל לשמור על נתיב אוויר ולפנות הפרשות.
- החולה נושם באופן ספונטני (כלומר, בשיטת SPONT או CPAP) ולא מפתח אפניאות ממושכות.

- החולה מחמצן ומאוורר בצורה סבירה.
- החולה לא נזקק להעשרת חמצן משמעותית או לתמיכה משמעותית במאמץ הנשימתי (קרי,  $\text{FiO}_2$  נמוך מ-40%, PEEP נמוך מ-7 ס"מ מים ו-Pressure Support נמוך מ-8 ס"מ מים).
- החולה ללא עדות למאמץ נשימתי יוצא דופן או מצוקה. אחד המדדים לכך הוא מדד ה-Rapid Shallow Breathing Index (RSBi)<sup>21</sup>. כאשר הוא פחות מ-105 החולה עומד בתנאי אקסטובציה.
- מבחן Leak Test חיובי - כלומר בעת ריקון בלונית הטובוס מתקיימת דליפת אוויר, כעדות לכך שאין בצקת במיתרי הקול העלולה לסכן את נתיב האוויר אחרי אקסטובציה.

**2** הערכת ההתאמה לגמילה של חולה תתבצע על ידי מבחן נשימה ספונטני (SBT) תוך עמידה בתנאים שפורטו לעיל - תחילה ל-3 דקות ואם מצליח אז ל-60-30 דקות. מומלץ לבצע הערכת התאמה לגמילה ו-SBT מדי יום כדי להבטיח שהגמילה תתבצע מוקדם ככל הניתן.

**3** טרם ביצוע האקסטובציה יש להסביר לחולה על התהליך הצפוי ולעודד אותו לבצע מאמץ נשימתי ולהשתעל לאחר הפעולה.

---

$\text{RSBi} = \text{RR} / V_T$  (liter) 21  
 כך למשל, למטופל הנושם 20 נשימות בדקה עם  $V_T$  של 500 מ"ל, יחושב  $\text{RSBi} = 20/0.5 = 40$ .

4 בזמן האקסטובציה צריך להיות סמוך לחולה ציוד וצוות שיאפשר רה-אינטובציה דחופה (סקשן, עגלת החייאה). מסיבה זו רצוי להימנע מביצוע אקסטובציה בשעות התורנות אלא לבצעה בשעות הבוקר כאשר הצוות הרפואי והסיעודי באיזש מלא.

5 כדי לצמצם הסיכון לסיבוכים יש לוודא לפני האקסטובציה שהמטופל בתנוחה מתאימה, כ-45 מעלות בחצי ישיבה במיטה, עם סביבת חולה נקייה ומראשות מיטה מורמים.

6 מיד עם הגמילה כדאי לחבר לאינהלציה ולעודד את החולה לפנות הפרשות. לצורך זאת מומלץ גם לבצע פיזיותרפיה נשימתית בתדירות גבוהה, כולל בשעות הערב ביממה הראשונה לאחר האקסטובציה. בחולים הנמצאים בסיכון מוגבר לכישלון אקסטובציה, ניתן לשפר את סיכויי ההצלחה על ידי גמילה ישירות לתוך הנשמה בלתי פולשנית (CPAP או, במידה וזמין, High Flow Nasal Cannula).

7 מאידך, בחולים אשר לאחר אקסטובציה מתחילים להראות סימנים של אי ספיקה נשימתית, לא תהיה תועלת בניסיון להשתמש באמצעי הנשמה בלתי פולשנית כדי להימנע מאינטובציה חוזרת. בחולים אלו כדאי לבצע רה-אינטובציה מוקדמת, עם זיהוי הבעיה, כדי להימנע מאינטובציה בתנאי חירום.

במידה וחולה לא מתאים לאקסטובציה או לחילופין נכשל במספר נסיונות אקסטובציה, מומלץ לבצע טרכיאוסטומיה - גם כדי לאפשר הנשמה ממושכת בנוחות מקסימלית וגם כדי לאפשר נסיונות גמילה הדרגתיים ובטוחים יותר (ניתוקים עיתיים לתקופות הולכות וגדלות עד לגמילה מלאה ודה-קנולציה).




## עקרונות הפרק

- הרדמה טובה תהיה מבוססת על יותר אנלגטיקה ופחות היפנוטיקה. יש לשמור על החולים מורדמים קלות ככל הניתן ולבצע הפסקה יומית של סדציה.
- לאחר פתרון הבעיה היסודית יש לבצע מבחן נשימה ספונטנית מדי יום, תוך כדי שימוש בפרוטוקול מוסדר ועקבי, ולהתקדם לגמילה רק אם המטופל עומד בכל הדרישות, כעדות לכך שהוא יוכל לעמוד במאמץ הכרוך בנשימה ספונטנית ממושכת.
- גמילה מהנשמה צריכה להתבצע בשעות העבודה בנוכחות צוות וציווד מלא.
- לאחר אקסטובציה יש להושיב את החולה בחצי ישיבה (45 מעלות), לעודד פינוי הפרשות, להזמין פיזיותרפיה נשימתית ולהשתמש באינהלציה על מנת להקל על המאמץ הנשימתי.
- ניתן להשתמש ב-NIV כדי לשפר את סיכויי ההצלחה של גמילה אך לא כטיפול הצלה במקרה של מצוקה נשימתית אחרי אקסטובציה.
- כשלונות חוזרים באקסטובציה מצדיקים התקדמות לטרכיאוסטומיה.

## טיפול תומך בחולה המונשם

הטיפול בחולה המונשם הינו מורכב ומולטי-דיסציפלינרי. החולה המונשם מצוי בסיכון מוגבר לסיבוכים ולעתים רבות, למרות מאמצים רבים, סובלים המטופלים מתחלואה משמעותית בגין היותם מונשמים, וללא קשר למחלתם היסודית. על מנת להגיע לפרוגנוזה אופטימלית, אין די בבחירת תכנית הנשמה מוצלחת ומתאימה למאפייני החולה - עלינו להשקיע מאמץ משמעותי גם בטיפול התומך. קצרה היריעה מלפרט את כל ההיבטים הקשורים בטיפול בחולה במסגרת יחידה לטיפול נמרץ, אך ראוי בכל זאת לפרט בקצרה את ההתערבויות ההכרחיות, אשר נדרשות בקרב הרוב המוחלט של החולים המונשמים. חלק נכבד מהתערבויות אלו מבוצעות כדבר שבשגרה על ידי צוות סיעודי מיומן אך חשיבותן, כאמור, לא תסולא בפז.

 **צמצום הסיכון לדלקת ריאות (VAP):** דלקת ריאות הינה אחד הסיבוכים הנפוצים והמסוכנים מהם סובלים חולים מונשמים. ישנן מספר התערבויות אשר נמצאו כמפחיתות היארעות VAP:

- הקפדה יתרה על כללי מניעת זיהומים ובכלל זאת היגיינת ידיים ושימוש באמצעי בידוד מגע היכן שיש אינדיקציה לכך.
- הרמת מראשות המיטה ל-30-45 מעלות.

- וידוא ניפוח בלונית הטובוס/טרכיאוסטום ושמירה על לחץ בתוכה של 20-30 ס"מ מים, כדי להפחית סיכון לאספירציה ודלף אויר מחד, ולפצעי לחץ תוך-טרכיאליים מאידך.
- הקפדה על שאיבת הפרשות מתוך הטובוס בטכניקה סטרילית, ורצוי באמצעות מערכת סגורה (closed loop suction system). יש להתאים את תדירות ביצוע השאיבות לצרכי ומאפייני החולה, שכן לביצוע מניפולציות מיותרות תרומה שלילית לפרוגנוזה.
- הקפדה על שאיבת הפרשות מחלל הפה ועל היגיינת פה (שימוש בכלורהקסידין לחיטוי חלל הפה הינו שנוי במחלוקת ולא נהוג בכל בתי החולים). במידה וקיים במחלקתכם, ניתן להשתמש ב-continuous subglottic suction.
- צמצום עומק ההרדמה למינימום האפשרי, והרדמה מבוססת אנלגטיקה ולא היפנוטיקה. מלבד תרומתם בקיצור משך האשפוז, תורמים גם להפחתת הסיכון לדלקת ריאות. ראו פרק "גמילה מהנשמה" לעיל.

**מניעת פקת ורידית (VTE):** חולים מונשמים מצויים בסיכון מוגבר להתפתחות פקת ורידית<sup>22</sup>. נוכח זאת, לחולים אלו קיימת אינדיקציה למתן טיפול מניעתי.

---


22 לפי מודל padua, די באימוביליזציה ובכשל נשימתי כדי להצדיק מתן אנטיקוגולציה פרופילקטית.

ככלל, עדיף טיפול מניעתי תרופתי באמצעות low molecular weight Heparin כגון Enoxaparin על פני טיפול מכאני כגון intermittent pneumatic compression stockings. ההחלטה הסופית על בחירת וסוג הטיפול תהיה לפי שיקול דעת קליני ובהתאם בהתאם לפרוטוקול בית החולים.

**מניעת דימום ממערכת העיכול (stress ulcers):** לחולים מונשמים סיכון מוגבר להתפתחות דימום מדרכי העיכול העליונות משנית ל-Stress Ulcers, ובפרט לאלו המונשמים מעל 48 שעות ו/או סובלים מכשל רב מערכתי או ממחלות רקע משמעותיות. בחולים אלו קיימת התוויה לטיפול מניעתי. הטיפול הנהוג ברוב המקרים הינו תרופה ממשפחת ה-PPI הניתנת אנטרלית (דרך הזנדה) או תוך ורידית, למשל Esomoprazole או Pantoprazole. אפשרויות נוספות, אם כי פחות מועדפות, הינן חסמי H<sub>2</sub> ו/או Sucralfate. ראוי לציין כי למרות חשש שעלה בעבר מפני סיכון מוגבר לזיהום בדלקות ריאה ו/או ב-C. Difficile, מחקרים עדכניים אינם תומכים בנוכחותו של סיכון זה.

**מניעת פצעי לחץ:** חולים מורדמים מצויים בסיכון מוגבר באופן קיצוני להתפתחות פצעי לחץ ועל כן יש לנקוט בצעדים למניעתם, בין אם על ידי שינויי תנוחה תכופים מדי שעתיים ובין אם על ידי שימוש באמצעים מכאניים כגון מזרן מתנפח לסירוגין ("מזרן ביצים").

בתוך כך, ראוי לזכור כי עלולים להיווצר פצעי לחץ גם באיזורי מגע של צנרת עם גוף החולה, למשל של קיבוע הטובוס עם האוזן או של הטובוס עם זוית הפה. יש להקפיד לשנות גם את מיקומם של אלו באופן תדיר, תוך נקיטת צעדים למניעת שליפה בלתי מתוכננת של הטובוס.

 **הזנה:** מטבע הדברים חולה מונשם אינו ניזון פומית מיוזמתו, ואף לא מסוגל לסמן לצוות כי הוא רעב. משכך, עלינו להקפיד הקפדה יתרה על הבטחת הזנה ראוייה לחולים מונשמים. ההנחיות כיום ממליצות להתחיל הזנה אנטרלית (קרי, דרך הזונדה) תוך 24-48 שעות מתחילת ההנשמה, במידה ולא קיימת קונטראינדיקציה, במטרה להגיע לאספקת הצריכה הקלורית המלאה תוך 2-5 ימים. את סוג, נפח וקצב ההזנה יש לקבוע בהתאם למאפייני החולה ובהתאם להמלצות תזונאית, כמקובל. בל נשכח כי בנוסף להזנה יש להבטיח גם הידרציה מתאימה - אנטרלית (מים בזונדה) או תוך-ורידית, והכל בהתאם למצב הוולמי, הכלייתי והאלקטרוליטי. כטיפול "מגשר" כל עוד המטופל אינו מוזן, נהוג להשתמש בנוזלים מסוכרים (Standard) להבטחת אספקת קלורית כלשהי. באשר להזנה פרה-אנטרלית (TPN) - לא נמצא יתרון להזנה תוך ורידית על פני הזנה אנטרלית, אך כן ישנם סיבוכים אפשריים משימוש באמצעי זה.

על כן, ההמלצה כיום הינה לא להתחיל הזנה פרהאנטרלית אלא בנוכחות קונטראינדיקציה להזנה פומית אשר צפוייה להימשך מעל 5-7 ימים.

יודגש שוב כי ההחלטה בסופו של דבר צריכה להתקבל בכל מקרה לגופו, בהתאם למאפייני המטופל ומצבו התזונתי טרם תחילת ההנשמה.

**צמצום צנרת פולשנית בלתי נחוצה:** יש לצמצם למינימום את הצנרת הפולשנית המחוברת למטופל, ובכלל זאת עירוי מרכזי וקטטר שתן ברגע שאין בהם עוד צורך. עם זאת, כל מטופל מונשם זקוק לגישה לקיבה (זונדה או PEG) וכן לגישה ורידית כלשהי לצורך מתן חומרי הרדמה ולטיפול במצבי חירום. ניתן בהחלט להסתפק בעירוי פריפרי אך יש לבדוק את תקינותו מדי יום ולהחליפו עם הופעת סימני פלביטיס או לפי הנוהל המחלקתי.

**מניעת נזק לרקמת הריאה על ידי שימוש במדדי הנשמה "מגני ריאה" (lung protective ventilation),** כלומר נפח הנשמה עד 6-8 מ"ל / ק"ג משקל גוף אופטימלי, ושמירה על לחץ פלאטו מתחת ל-30 ס"מ מים - ראו פרק "מכניקת הנשימה" לעיל.

**צמצום משך ההנשמה ככל שניתן על ידי ביצוע הפסקות** סדציה יומיות, הערכה יומית לגמילה ממנשם ועוד - ראו פרק "גמילה מהנשמה" לעיל.

## עקרונות הפרק

עבור כל חולה מונשם, יש להבטיח מדי יום שימוש ב"רשימת תיוג" אשר כוללת:

- צמצום הסיכון לדלקת ריאות על ידי הקפדה על נהלי היגיינה, הרמת מראשות המיטה, שאיבת הפרשות לפי הצורך והקפדה על היגיינת פה.
  - מניעת התפתחות VTE על ידי אמצעים פרמקולוגיים (Enoxaparin) או מכאניים.
  - מניעת התפתחות דמם בדרכי העיכול - בדרך כלל על ידי מתן PPI דרך הפה או דרך הוריד.
  - מניעת פצעי לחץ על ידי שינויי תנוחה תכופים ו/או שימוש במזרן ייעודי.
  - הבטחת הזנה אנטרלית הולמת מוקדם ככל הניתן, בהתאם למאפייני החולה.
  - הפסקה יומית של סדציה והערכה יומית של התאמה לגמילה.
  - התאמת פרמטרי ההנשמה לעמידה בקריטריוני lung protective ventilation.
- כל אחת מהתערבויות אלו צריכה להינתן רק אחרי שקילת מצבו של החולה ונוכחותן של קונטראינדיקציות.

## הנשמה בלתי פולשנית

הנשמה בלתי פולשנית (Non-Invasive Ventilation או NIV) הינה כלי מצויין המאפשר (בחולים המתאימים) ליהנות מיתרונותיה של ההנשמה המלאכותית ללא צורך להרדים את החולה וללא ביצוע פעולות בלתי הפיכות. לכן, היא כלי מצויין לשימוש במקרים של מצבים הפיכים קצרי טווח (למשל, בצקת ריאות) או כטיפול Rescue בחולים בהם רוצים להימנע מהנשמה פולשנית - כגון חולים עם הנחיות מקדימות. בנוסף, הנשמה בלתי פולשנית מאפשרת להימנע מהסיכונים הנפוצים של הנשמה פולשנית כגון VAP (ישנן גם עדויות שתומכות בכך במיוחד בחולים מדוכאי חיסון), קושי בהתעוררות וקושי בגמילה מהנשמה.

ישנם שלושה סוגים עיקריים של הנשמה בלתי פולשנית בשימוש:

### **Continuous Positive Airway Pressure - CPAP** ←

באמצעות מסיכת פה ואף אטומה, חיבור החולה למערכת המספקת חמצן בריכוז גבוה וכן לחץ סוף אקספירטורי (PEEP) של 5, 7.5 או 10 ס"מ מים. המערכת מאפשרת להנות מיתרונותיו של PEEP, ולכן מתאימה במיוחד לחולים הסובלים מבצקת ריאות קרדיוגנית. למרות שיש ל-PEEP תרומה מסוימת בחולים עם בעיית אוורור, עיקר תרומתו של ה-CPAP הינה לחולים עם בעיה חמצונית.



רוב מכשירי ה-CPAP מורכבים מברז המזרים חמצן בקצב גבוה ומשסתום PEEP המורכב על המסיכה המחוברת לחולה. ערך ה-PEEP נקבע על ידי מאפייני השסתום (כלומר, כדי לשנות את ערך ה-PEEP יש להחליף שסתום). ניתן גם להשיג CPAP על ידי חיבור למכונת הנשמה והגדרת מוד NIV CPAP.

**Bilevel Positive Airway Pressure - BiPAP** - גם בטכניקה זו מחוברת מסיכה אטומה לחולה. מגדירים שני לחצים: לחץ גבוה (iPAP הניתן בזמן האינספיריום) ולחץ נמוך (ePAP בזמן האקספיריום, שהוא למעשה PEEP)<sup>23</sup>. ההפרש בין iPAP ו-ePAP הינו למעשה pressure support, ולרוב צריך לעמוד על בין 3 ל-10 ס"מ מים. לצורך ההדגמה, אם שני הלחצים זהים (כלומר נשמר לחץ אחד בכל מחזור הנשימה, או  $\text{pressure support} = 0$ ), הרי שהשגנו CPAP. המחזוריות בין שני הלחצים יכולה להיקבע על ידי זמן - כלומר מגדירים קצב נשימה, או שנקבעת על ידי המאמץ הנשימתי של החולה. שיטת הנשמה זו מתאפשרת רק באמצעות חיבור למכונת הנשמה או מכשיר BiPAP ייעודי, ותרומתה העיקרית הינה במצבים של פגיעה אוורורית (בעיקר COPD או אסתמה). ערכי ברירת המחדל ל-BiPAP יהיו  $iPAP=12$ ,  $ePAP=5$ .

---

23 לתשומת לב, בהנשמת Pressure Control "רגילה" בהנשמה פולשנית הגדרת הלחץ היא "מעל ה-PEEP" בעוד שב-BiPAP הלחץ האינספיראטורי כולל PEEP.

לשימוש ב-BiPAP ו-CPAP מספר מגבלות וקונטראינדיקציות  
אותן חשוב להכיר:

- 1 קונטראינדיקציות לשימוש ב-BiPAP או CPAP כוללות מצב הכרה ירוד, חוסר יכולת לפנות הפרשות/להגן על נתיב אוויר, שינויים אנטומיים המונעים אטימה של המסיכה, כשל המודינמי או מצוקה נשימתית קיצונית. בנוסף, השימוש אסור במקרים של צורך בבידוד טיפתי או בידוד אוויר.
- 2 השימוש כרוך בהכרח בניפוח הקיבה ולכן נהוג לבצע סבבים של עד חצי שעה באמצעים אלו, או לחילופין לבצע אותם לפרק זמן ארוך יותר יחד עם זונדה פתוחה לניקוז. בכל מקרה כדאי לעקוב אחרי מצב החולה ולוודא שלא מפתח Gastric Dilatation.
- 3 מסיכת הפנים מאד לא נוחה, ובשימוש ממושך יכולה לגרום להיווצרות פצעי לחץ. חשוב לרפד את איזורי המגע עם הפנים ככל הניתן. בחלק מן המקומות ניתן להשיג מסיכות Full Face ואחרות שמסייעות במניעת סיבוכים אלו.
- 4 בעיקר בשימוש הראשון, לחולים יש קושי בהסתגלות למסיכה - קלאוסטרופוביה ותחושת מחנק. חשוב להניח את המסיכה בצורה הדרגתית תוך כדי ליווי החולה והסבר לגבי הפעולות השונות כדי להפחית את החרדה. שיתוף פעולה מצד החולה מהווה מרכיב מפתח בהצלחת השימוש בהנשמה בלתי פולשנית.

יש לזכור שבעוד שמכשיר ה-BiPAP נותן חיווי בזמן אמת על המכניקה הנשימתית של החולה, כולל התרעות אפניאה, CPAP הינו מכשיר פסיבי ללא חיווי על מצבו של החולה. בכל מקרה, בחולה תחת הנשמה בלתי פולשנית יש להקפיד על חיבור למוניטור והערכה קלינית תכופה - לאיתור מוקדם של הדרדרות והתקדמות לאינטובציה במידת הצורך.

### High Flow Nasal Cannula - Vapotherm/ Optiflow/

**Airvo:** שיטה זו מתבצעת באמצעות מכשיר ייעודי אשר מסוגל לספק חמצן מחומם לטמפ' הגוף ומועשר בלחות. בזכות יכולות אלו אפשר לספק חמצן בקצב גבוה במיוחד (עד 60 ליטר לדקה), מה שמאפשר להגיע באמת ל-100% חמצן באוויר הנשאף על ידי החולה. בנוסף, בזכות הזרימה הגבוהה, משיגים גם אפקט אוורורי קל, ו-PEEP השקול בערך ל-3-5 ס"מ מים. מכשירים אלו מתאימים במיוחד לחולים הסובלים מכשל נשימתי היפוקסמי ללא פגיעה באורור, למשל חולים עם ARDS. למכשירים אלו פחות קונטראינדיקציות מאשר ל-BPAP או CPAP, אך היתרון הגדול בשימוש בהם הינו נוחות השימוש - החולים יכולים להישאר עם קנולת האף שעות ואף ימים רבים, הם יכולים לדבר, לאכול ולשתות תוך כדי השימוש בהם.

כאשר מתחילים שימוש במכשירים אלו נהוג להתחיל על מדדים מקסימליים ( $FiO_2=100\%$ , Flow=60 lit/min), ואז תוך כדי ניטור סטורציה לרדת במדדים בהדרגה: תחילה לרדת באחוז החמצן עד 40% ורק אז להתחיל לרדת גם בזרימה. למרות האמור לעיל, לחלק מן החולים קשה להתחיל בזרימה גבוהה ובמקרים אלו נתחיל מזרימה נמוכה יותר ונעלה בהדרגה.

**עבור כל סוגי ההנשמה הבלתי פולשנית, כישלון תחת הטיפול (אי שיפור בסטורציה, המשך צבירת פד"ח בגזים, כשל המודינמי או הדרדרות במצב ההכרה) מצריך אינטובציה דחופה.**

## עקרונות הפרק

- הנשמה בלתי פולשנית הינה כלי מצויין בחולים נבחרים, אך היא לא מתאימה לכולם ואין להשתמש בה במקרים בהם יש התווייה מוחלטת להנשמה פולשנית.
- קונטראינדיקציות להנשמה בלתי פולשנית כוללים הפרעה אנטומית, מצב הכרה ירוד או אי יכולת לשמור על נתיב אוויר, אי יציבות המודינמית או צורך בבידוד טיפתי או בידוד אויר.
- CPAP יעיל בעיקר לטיפול בבצקת ריאות או מקרים אחרים של הפרעה חמצונית הומוגנית.  
High Flow Nasal Cannula יעיל בעיקר לחולים עם הפרעה חמצונית מבודדת אשר צפויה להימשך זמן רב.
- BiPAP יעיל בעיקר לחולים עם הפרעה אוורורית (COPD). ערכי ברירת המחדל ל-BiPAP הינם  $iPAP=12$   $ePAP=5$ .
- כישלון או היעדר שיפור תחת טיפול ב-NIV מהווה אינדיקציה להנשמה פולשנית.

## מקורות, נספחים והמלצות קריאה נוספת

1. פרוטוקול אקסטובציה - מחלקה פנימית ג', המרכז הרפואי תל-אביב (מבוסס על פרוטוקול הגמילה ביחידה לטיפול נמרץ כללי במרכז הרפואי תל-אביב)
2. פרוטוקול שימוש ב-High Flow Nasal Cannula - מחלקה פנימית ג', המרכז הרפואי תל-אביב
3. סילבוס סטאז'רים של היחידה לטיפול נמרץ כללי, המרכז הרפואי תל-אביב
4. Handbook of Mechanical Ventilation: A User's Guide. The Intensive Care Foundation 2015
5. Casaer MP et al. Nutrition in the acute phase of critical illness. N Engl J Med. 2014;370(13):1227-1236. doi:10.1056/NEJMra1304623
6. Slutsky AS et al. Ventilator-induced lung injury. N Engl J Med. 2013;369(22):2126-2136. doi:10.1056/NEJMra1208707
7. Brower RG et al. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2000;342(18):1301-1308. doi:10.1056/NEJM200005043421801
8. Gattinoni L et al. Friday night ventilation: a safety starting tool kit for mechanically ventilated patients. Minerva Anestesiol. 2014;80(9):1046-57
9. טבלאות של PEEP של ARDSnet
10. **Uptodate:** overview of mechanical ventilation
11. **Uptodate:** Modes of mechanical ventilation
12. **Uptodate:** Recruitment Maneuver



לצפייה במסמכים ניתן לסרוק את ה-QR Code