



הנשמה מלאכותית לא פולשנית NIPPV (Non-Invasive Positive Pressure Ventilation)

ד"ר אסף פרץ, סמ"ג
מנהל רפואי קורסי פאראמדיק
ביה"ס לפאראמדיקים – אגף רפואה

מבוא להנשמה מלאכותית:

מכונת הנשמה הנן משאבות מיוחדות היכולות לתמוך באוורור הריאתי ולשפר חמצון באמצעות לחץ חיובי וגז עשיר בחמצן. הסיבות להנשמה מלאכותית הן רבות ומגוונות. במתאר הקדם בי"ח ניתן לנקזן להתוויה אחת כוללנית – אי ספיקה נשימתית חדה (ראה/י מאמר נפרד באתר ה- CME).

התוויות להנשמה מלאכותית:

ההתוויה המרכזית להתחלת הנשמה מלאכותית היא אי ספיקה נשימתית, הנחלקת ל-2 סוגים:

1. כשל נשימתי היפוקסמי (Hypoxemic respiratory failure)

לרוב נובע ממצבים כגון דלקת ראות, בצקת ראות, דמם ריאתי, ARDS (תסמונת המצוקה הנשימתית החדה – Acute Respiratory Distress Syndrome) הגורמים ל- V/Q mismatch (יחס פגום בין האוורור לפרפוזיה – V/Q mismatch). כשל היפוקסמי מתקיים כאשר הסטורציה מתחת ל- 90% למרות שאיפה של אוויר בריכוז חמצן מעל 60%.

המטרה שבהנשמה מלאכותית במצבים אלו היא לאפשר סטורציה נאותה באמצעות שילוב של מתן חמצן בריכוז גבוה והנשמה מה שמשפר את ה- V/Q mismatching.

2. כשל נשימתי היפרקריבי (Hypercarbic respiratory failure)

עודף CO₂ נובע ממצבים הגורמים להפחתה באוורור הריאתי או כאשר האוורור אינו מצליח לספק את הצרכים המטבולים של החולה. מחלות שריר/עצב הגורמות לחולשת שרירי נשימה, או מחלות הצורכות עבודה נשימתית מאומצת עד כדי עייפות שרירי הנשימה כגון אסטמה, COPD, או מחלות ריאה רסטריקטיביות עלולות לגרום לכשל נשימתי היפרקריבי.

כשל היפרקריבי מתקיים כאשר הלחץ החלקי של CO₂ בדם עורקי גבוה מ- 50mmHg וה- pH < 7.30.

פיזיולוגיה של הנשמה מלאכותית:

מכונת הנשמה מעניקות גז לדרכי האוויר בהתאמה לשיטות הנשמה קבועות מראש. המנשם משמש כמקור האנרגיה לשאיפה ומחליף את פעילות שרירי הנשימה. תהליך הנשיפה הנו פסיבי ומונע מהחזר האלסטי של הריאות וקיר בית החזה. PEEP (לחץ חיובי בסוף הנשיפה – Positive End Expiratory Pressure) מסייע בפתיחה של הנאדיות ודרכי האוויר הקטנים ומשפר את ה- V/Q mismatch באמצעות פתיחה של תמתיים ריאתיים.

הנשמה בלחץ חיובי משפיעה על המערכת הקרדיווסקולרית באמצעות העברה של הלחץ התוך חזי לכלי הדם הגדולים וללב. הנשמה בלחץ חיובי מקטינה הן ה- Preload (מקטינה את ההחזר הורידי) והן את ה- afterload (מפעילה לחץ על החדרים בזמן הסיסטולה).



פעולת המנשם המלאכותי:

עקרונות ההנשמה המלאכותית:

זוהי הנשמה בלחץ חיובי. בעקבות טריגר אינספירטורי, תערובת קבועה מראש של אוויר נדחסת אל הראות של החולה המונשם. עם התנפחות הריאות, הלחץ והנפח בתוך הנאדיות עולה עד לקבלת אות להפסקת דחיסת האוויר ע"י המנשם והלחץ בתוך דרכי האוויר פוחת. הנשיפה הנה תהליך פסיבי. היתרונות בהנשמה בזמן אי ספיקה נשימתית הנם שיפור חילוף הגזים והפחתת עבודת הנשימה.

שיטות הנשמה:

שיטת ההנשמה נובעת מסוג התמיכה הנשימתית שהמנשם מעניק. בגדול, ישנן שתי שיטות הנשמה עיקריות, הנשמה המוגבלת ע"י נפח (volume-limited ventilation) והנשמה המוגבלת ע"י לחץ (pressure-limited ventilation). כל שיטה מסווגת בהמשך ע"פ חלוקת העבודה בין המנשם לחולה והפרמטרים אותם מכון המנשים.

Volume-limited ventilation:

דורשת מהמנשים לכוון את קצב זרימת האוויר (peak flow rate), דפוס הזרמת האוויר, נפח הנשימה (tidal volume), קצב הנשימות (respiratory rate), הלחץ החיובי בסוף הנשיפה (PEEP – positive end expiratory pressure) ואת אחוז החמצן (FiO_2).

סוגי הנשמות תלויות נפח:

- CMV – controlled mechanical ventilation
נפח האוורור בדקה (minute ventilation) נקבע ע"י קצב הנשימות ונפח הנשימה. החולה אינו מוסיף או מתחיל נשימות עצמוניות מעבר לאלו המסופקות לו ע"י המנשם. CMV אינו מצריך כל עבודה מצדו של החולה.
 - AC – assist control
המנשים קובע את נפח האוורור בדקה המינימלי ע"י קביעת נפח הנשימה וקצב הנשימות. החולה יכול להעלות את קצב הנשימות ע"י הוספת נשימות עצמוניות. על כל נשימה עצמונית המותחלת ע"י החולה המנשם נותן את נפח הנשימה שנקבע מראש.
 - IMV – intermittent mandatory ventilation
המנשים קובע את נפח האוורור בדקה המינימלי והחולה יכול להעלות את קצב הנשימות ע"י הוספת נשימות עצמוניות. כל נשימה עצמונית מצדו של החולה אינה מקבלת השלמה מצדו של המנשם. כלומר, מתקבל דפוס נשימה הכולל הנשמות הניתנות ע"י המנשם ונשימות עצמוניות מצדו של החולה ללא סנכרון ביניהן.
 - SIMV – synchronized intermittent mechanical ventilation
וריאציה של IMV בה יש סנכרון בין הנשימות הניתנות ע"י המנשם לאלו העצמוניות הנלקחות ע"י החולה.
- SIMV ו-AC הן שיטות ההנשמה תלויות הנפח הנפוצות ביותר. יתרונות של SIMV על AC כוללות סנכרון טוב יותר בין המנשם לחולה, שימור טוב יותר של תפקוד שרירי הנשימה, לחצי נתיב אוויר נמוכים יותר וסיכויים מופחתים להתפתחות auto-PEEP.



:Pressure-limited ventilation

סוגי הנשמות תלויות לחץ:

דורשת מהמנשים לכוון את מידת הלחץ בשאיפה, היחס בין השאיפה לנשיפה (I:E ratio), קצב הנשימות, PEEP ואחוז החמצן. השאיפה מסתיימת כאשר מגיעים ללחץ השאיפה שנקבע מראש. נפח הנשימה (TV) משתנה בזמן הנשמה תלוית לחץ ותלוי במידת הלחץ בשאיפה, הענות הריאות של המונשם, התנגודת בדרכי האוויר והתנגודת שבצנרת ההנשמה. ניתן להעניק הנשמה תלוית לחץ באותן השיטות שמנשימים באמצעות נפח, קרי; AC, CMV, SIMV/IMV.

• PSV – Pressure Support Ventilation

הנשמה המוגבלת ע"י זרימה (flow-limited), כלומר, מעניקה לחץ בשאיפה עד אשר זרימת האוויר בזמן שאיפה יורדת לערך שנקבע מראש. המונשם חייב להתחיל כל נשימה בצורה עצמונית מכיוון שאין קביעה מראש של קצב נשימות (כלומר אם המונשם לא יתחיל שאיפה, המנשם לא ידחוף אוויר...).

• CPAP – Continuous Positive Airway Pressure

כל הליך הנשימה מתרחש באמצעות נשימותיו העצמוניות של החולה. מתן לחץ חיובי קבוע ומתמשך. המנשם מעניק לחץ קבוע לאורך כל מחזור הנשימה.

• BPAP – Bi-level Positive Airway Pressure

דומה ל-CPAP, רק שהמנשים מכוון לחץ חיובי עבור זמן השאיפה ולחץ חיובי נמוך יותר עבור זמן הנשיפה. ההפרש בין הלחץ בזמן השאיפה ללחץ בזמן הנשיפה קבוע בעצם את נפח הנשימה (TV).

הנשמה מלאכותית לא פולשנית (NIPPV):

שימוש בהנשמה לא פולשנית כאלטרנטיבה לאינטובציה נמצא בעליה מתמדת. בהשוואה לטיפול תרופתי, ובחלק מהמחקרים גם בהשוואה להנשמה פולשנית, ההנשמה הלא פולשנית מגדילה את השרידות, ומפחיתה סיבוכים בחלק מהחולים עם אי ספיקה נשימתית חדה. האינדיקציות העיקריות הן COPD ובצקת ראות על רקע קרדיאלי. בהשוואה להנשמה פולשנית, סוג זה של הנשמה מעניק את אותן היתרונות הפיסיולוגיים של הפחתה בעבודת הנשימה ושיפור בחילוף הגזים. בנוסף, ניתן להימנע מסיבוכי האינטובציה.

הנשמה לא פולשנית מתייחסת להנשמה בלחץ חיובי הניתנת באמצעות ממשק לא פולשני (מסכת פנים, מסכת אף...) בניגוד להנשמה באמצעות ממשק פולשני (טובוס, טרכאוסטומיה...).



אגף רפואה
ביה"ס לפאראמדיקים

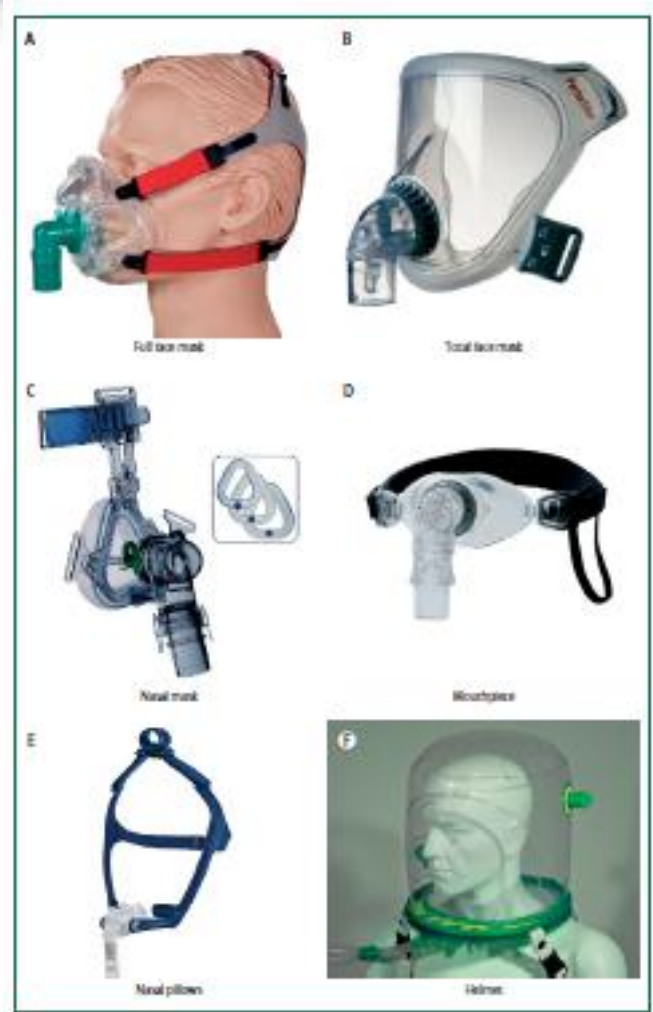


Figure: Different types of interfaces
Images reproduced with permission from Hans-Rudolph (A), Respironics (B), Koss Medical Equipment (C),
Fisher & Paykel Healthcare (D), Donnel (E), and Hans (F).

מהו הרציונל, היתרונות הפוטנציאליים והיעדים שבהנשמה לא פולשנית?

חולים באי ספיקה נשימתית חריפה זקוקים לסיוע נשימתי בסילוק CO₂ ו/או לשיפור החמצון. בהענקת תמיכה נשימתית מתאימה באמצעות ממשק לא פולשני, ניתן לחסוך מהחולים את אי הנעימות והסיבוכים הקשורים בהנשמה באמצעות טובוס.

היעדים של הנשמה לא פולשנית משתנים ע"פ הסיטואציה הקלינית. במצבים של אי ספיקה נשימתית חדה על רקע אסטמה או COPD המטרה היא להפחית את רמת ה-CO₂ ע"י הקלת העומס על שרירי הנשימה והעצמת האוורור האלבאולרי, ובכך, לייצב את ה-pH העורקי עד לחלוף הבעיה הנשימתית הראשונית. בזמן אי ספיקה נשימתית היפוקסמית המטרה היא להבטיח חמצון מספק, שוב עד לחלוף הבעיה הראשונית. בבצקת ראות על לבבי המטרה הנה שיפור החמצון, הקלת עומס עבודת הנשימה והעלאת תפוקת הלב.



התוויות לטיפול:

שווה לערוך ניסיון טיפולי בהנשמה לא פולשנית באותם החולים ש-

1. אינם זקוקים לאינטובציה דחופה
 2. סובלים מבעיה נשימתית המתאימה לטיפול לא פולשני
 3. אין קונטרה-אינדיקציות להנשמה לא פולשנית
- מצבים הידועים כמגיבים להנשמה לא פולשנית כוללים התלקחויות של COPD, אסטמה, בצקת ראות על רקע לבבי ומגוון סיבות נוספות לאי ספיקה נשימתית היפוקסמית.

התוויות-נגד לטיפול:

הצורך באינטובציה דחופה הנה קונטרה-אינדיקציה מוחלטת לטיפול בהנשמה לא פולשנית. בנוסף, ישנן קונטרה-אינדיקציות נוספות:

1. דום לב או נשימה
2. אי ספיקה נשימתית על רקע טראומה
3. העדר שיתוף פעולה, חוסר יכולת להגן על נתיב האוויר, חוסר יכולת לסלק הפרשות, דמם ממערכת העיכול
4. פגיעה הכרתית קשה ($GCS < 10$)
5. חוסר יכולת להתאמה טובה ואיטום של המסכה (טראומה, דפורמציה, כוויות, בעלי זקן...)
6. סיכון מוגבר לאספירציות

שיטות הנשמה:

ניתן להנשים בצורה לא פולשנית באותן השיטות בהן משתמשים בהנשמה פולשנית, למרות שישנן שיטות המתאימות יותר לצורה הלא פולשנית.

- CPAP – המנשם נותן לחץ חיובי קבוע לאורך כל מחזור הנשימה.
- BPAP – מתקבלת שליטה טובה יותר על נפח הנשימה שמקבל החולה.
- AC – ניתן להשתמש בשיטה זו כאשר רוצים להבטיח נפח אוורור לדקה מינימלי.
- PSV – ניתן להשתמש בשיטה זו כאשר רוצים למקסם את נוחות החולה והסנכרון עם עבודת המנשם.

מכיוון שהיעילות של השיטות הנ"ל בסופו של דבר די דומה, הבחירה צריכה להתבסס על הניסיון של המטפל ולכוון את השיטה לגורם ולחומרת האי ספיקה הנשימתית של החולה.

סיבוכים:

כוללים בעיקר סיבוכים הנובעים מלחץ של המסכה על הפנים של החולה – פצעים/כיבים על גשר האף, גודש אפי, גירוי של העיניים, הרחבת הקיבה (באוויר...) ואספירציה. תתכן ירידה בלחץ הדם (ניתן להפחית את הירידה בלחץ דם ע"י הפחתת ה-PEEP). פנאומוטורקס הנו סיבוך נדיר ביותר.

**העדויות ליעילות הנשמה לא פולשנית: (טבלה 1)**

יש לציין כי מרבית המחקרים נעשו בחולים במסגרת של בית חולים. יש מעט מאד מחקרים על הנשמה לא פולשנית בשלב הקדם-בי"ח.

1. COPD

חולי COPD בזמן התלקחות חדה הם החולים שככל הנראה מפיקים הכי הרבה תועלת מהנשמה לא פולשנית. הנשמה לא פולשנית מורידה משמעותית את הצורך באינטובציה, את משך זמן ההנשמה, ומשך האשפוז ביחידות לטיפול נמרץ. ישנם מחקרים המראים גם ירידה בשיעורי התמותה. הוכח כי הנשמה לא פולשנית יכולה להוריד את שיעור האינטובציות מכ- 70% לכ- 10% בלבד. בנוסף, הנשמה לא פולשנית משפרת מדדים פיזיולוגים כמו סימנים חיוניים, ערכי גזים בדם ומדדים הכרתיים. בשל הצורך המופחת באינטובציה, נמנעות גם הרבה מסיבוכי ההנשמה הפולשנית כמו דלקות ריאה.

2. אסטמה

העדויות המחקריות הנוגעות להתקפי אסטמה חלוקות. למרות האמור, ניסיון טיפולי בהנשמה לא פולשנית לחולים המתאימים הנו מוצדק. יש לשים לב שבשל ההתלקחות המהירה של התקפי האסטמה כדאי לא לפספס את חלון ההזדמנויות הצר, ולהתחיל טיפול בהנשמה לא פולשנית מוקדם ככל הניתן, אבל, תוך תשומת לב שייכתן ובכל זאת יתעורר הצורך באינטובציה. כאשר משווים בין חולי אסטמה לחולי COPD ניתן להבחין כי חולי האסטמה צעירים יותר ועם פחות מחלות רקע מה שהופך את פרק הזמן שהחולה מונשם באמצעות טובוס לקצר יותר, הגמילה מההנשמה הפולשנית ליותר פשוטה ובד"כ גם עם פחות סיבוכים.

3. כשל נשימתי היפוקסמי

ב"סל" מחלות זה כלולות בצקת ראות (שתידון בהמשך), דלקות ריאה, טראומה, ARDS... גם כאן העדויות סותרות. למעט חולים בבצקת ראות על רקע קרדיאלי אין עדויות טובות ליעילות של הנשמה לא פולשנית בכשל נשימתי היפוקסמי וכל מקרה יש לבחון לגופו.

4. בצקת ראות על רקע קרדיאלי

כמו בחולי COPD, גם בחולים עם בצקת ראות על רקע קרדיאלי יש עדויות רבות וטובות התומכות בהנשמה לא פולשנית. עיקר העבודות עסקו בהנשמה ב- CPAP. ההיגיון הפתופיסיולוגי נובע מיכולת ההנשמה בלחץ חיובי מתמשך לאורך כל מחזור הנשימה (CPAP) לפתוח את הנאדיות המוצפות בנוזל, להעלות את הנפח השאריתי התפקודי של הריאות (FRC – functional residual capacity) ובכך לשפר את הענות הריאות. השפעות אלו גורמות להפחתת עבודת הנשימה ולשפר את התפקוד הלבבי. השיפור בתפקוד הלבבי מושג הודות להעלאה של הלחץ הפריקרדיאלי, הפחתה של הלחץ הטרנס-מוראלי ובכך להפחתת ה- afterload.

בחירת החולה המתאים:

מעבר לאותם מצבים שנדונו לעיל המתאימים לטיפול בהנשמה לא פולשנית, ישנו צורך גם לבחור את החולים המתאימים בצורה נכונה. מעבר להתוויות בעד ונגד שכבר נדונו, החולים המתאימים ביותר הנם:

1. אבחנה מתאימה ופוטנציאל הפיך של המצב החריף
2. צורך בסיוע נשימתי (מצוקה נשימתית בינונית עד קשה, טכיפניאה, שימוש בשרירי עזר לנשימה...)
3. מצב נוירולוגי תקין – שיתוף פעולה מקסימלי מצד החולה עם המסכה וההנשמה
4. התאמה טובה של המסכה לפניו של החולה ואיטום מקסימלי ומניעת דלף אויר
5. העדר התוויות נגד

תגובה טובה לטיפול בהנשמה הלא פולשנית בד"כ ניכרת במהלך החצי שעה הראשונה לטיפול.

הדגש המרכזי בטיפול בהנשמה לא פולשנית הוא התאמה מיטבית של המסכה לפניו של החולה ואיטום מלא, שכן ללא איטום טוב יעילות ההנשמה פוחתת עקב חוסר היכולת להגיע אל ולהשיג את הלחצים הנכונים ע"י המנשם.



כיצד להתחיל טיפול בהנשמה לא פולשנית?

- להסביר את ההליך לחולה
- בחר/י את הממשק המתאים (סוג המסכה) וגודלו
- כוון/י את הלחצים הרצויים רצוי להתחיל ב- PEEP של 2.5-5.0 cmH₂O ולהעלות במדרגות של 2.5 cmH₂O
- הנחי את המסכה בעדינות על פניו של החולה והתחל/י להנשים
- לאחר שהחולה התרגל למסכה ולהנשמה, הדק/י את הרצועות עד למצב שבו אין דליפות אוויר
- עקוב/י אחר הסטרוציה והעלה את זרימת החמצן עד להשגת סטורציה של 90%.
- שים/י לב לנוחות החולה
- עדכן/י את הלחצים בהתאם לסטורציה ומדדים המודינמיים של החולה (לחץ דם...)
- שקול/י סדציה קלה באם החולה באגיטציה

מתי צריך לנתק את החולה מההנשמה הלא פולשנית ולעבור להנשמה פולשנית באמצעות אינטובציה?

1. חוסר סבילות למסכה עקב כאב, אי נוחות, קלאוסטרופוביה...
2. המשך קוצר נשימה/מצוקה נשימתית למרות הטיפול
3. אי יציבות המודינמית או עדות לאיכמיה קרדיאלית או להפרעת קצב
4. צורך באינטובציה דחופה על מנת לשלוט בהפרשות או לאבטח את נתיב האוויר
5. העדר שיפור במצב הנירולוגי של החולה (חולי COPD למשל יכולים להיות ישנוניים עקב רמת CO₂ גבוהה – CO₂ narcosis, חולים היפוקסים יכולים להיות אגיטיביים) לאחר חצי שעה של הנשמה לא פולשנית

סיכום:

הנשמה לא פולשנית הנה פתרון יעיל וטוב לאי ספיקה נשימתית חריפה במתאר הקדם בי"ח. באמצעותה ניתן לייצב את החולה מבחינה נשימתית וכל זאת תוך הימנעות מאינטובציה. למרות האמור, חשוב לזכור כי ישנו חלון הזדמנויות צר על מנת שהנשמה לא פולשנית תהיה יעילה, אין היא מתאימה לכל החולים, ולעיתים, אין מנוס מאינטובציה...



טבלה 1. איכות המחקר התומך בשימוש בהנשמה לא פולשנית לסוגים שונים של אי ספיקה נשימתית חדה	
המצב הרפואי המתאים	איכות המחקרים
COPD	טובה (מחקרים מבוקרים מרובים)
התלקחויות COPD	
בצקת ראות על רקע קרדיאלי	
חולים מדוכאי חיסון	
COPD	פחות טובה (מחקר מבוקר בודד או סדרה של תיאורי מקרה)
סיוע בגמילה מהנשמה פולשנית בחולי COPD	
אסטמה	
ציסטיק פיברוזיס	
כשל נשימתי לאחר ניתוח	חלשה (תיאורי מקרה בודדים)
חולים סופניים המבקשים להימנע מהנשמה פולשנית	
חסימת דרכי אוויר עליונות	
ARDS	
טראומה	



1. Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. Lancet 2009; 374: 250-259.
2. Boldrini R, Fasano L, Nava S. Noninvasive mechanical ventilation. Curr Opin Crit Care 2012; 18:48-53.
3. Courey AJ, Hyzy RC. Overview of mechanical ventilation. UpToDate 2012.
4. Bozyk P, Hyzy RC. Modes of mechanical ventilation. UpToDate 2012.
5. Garrison G, Hyzy RC. Physiologic and pathophysiologic consequences of mechanical ventilation. UpToDate 2012.
6. Bauman KA, Hyzy RC. Noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure in adults. UpToDate 2012.
7. Liesching T, Kwok H, Hill NS. Acute applications of noninvasive positive pressure ventilation. Chest 2003; 124(2):699-713.
8. Antonelli M, Conti G. Noninvasive positive pressure ventilation as treatment for acute respiratory failure in critically ill patients. Crit Care 2000; 4:15-22.
9. Arroliga AC. Noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure: Does it improve outcomes? Clev Clin J Med 2001; 68(8):677-680.
10. Evans TW et al. International consensus conference in intensive care medicine: Noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med 2001; 163:283-291.
11. Hill NS, Kramer NR. Troubleshooting problems with noninvasive positive pressure ventilation. UpToDate 2012.