ประสิทธิผลของการใช้เทคนิค Ventilator hyperinflation ต่อการเพิ่มการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ

จิราวัฒน์ ลิมป์พัชราภรณ์*, หทัยชนก บุญพิมพ์*,
ภัทราวรรณ ภัทรนิตย์*, วีระพงษ์ ชิดนอก**

บทคัดย่อ

ภาวะเสมหะคั่งค้าง เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนทางระบบหายใจในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ ทำให้การรักษาตัวที่โรงพยาบาลนานขึ้นและค่ารักษาเพิ่มสูงขึ้น เทคนิค manual hyperinflation ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดเสมหะ เพิ่มการขยายตัวของทรวงอกและการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด แต่ผู้ป่วยขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจขณะดูดเสมหะ ส่งผลกระทบต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด เทคนิค ventilator hyperinflation ถูกพัฒนาเพื่อปรับปรุงข้อจำกัดของเทคนิค manual hyperinflation สามารถกำจัดเสมหะ เพิ่มการขยายตัวของทรวงอกและการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด ซึ่งคล้ายคลึงกับเทคนิค manual hyperinflation แต่ผู้ป่วยไม่ขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจ วัตถุประสงค์ของบทความวิชาการนี้ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างเทคนิค ventilator hyperinflation และ manual hyperinflation ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า เทคนิค ventilator hyperinflation เพิ่มการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอดได้มากกว่าเทคนิค manual hyperinflation เนื่องจากผู้ป่วยไม่ขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจ จึงไม่สูญเสียค่าแรงดันบวกในขณะหายใจออกสุด ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดเพิ่มมากขึ้น เทคนิค ventilator hyperinflation ปลอดภัยต่อผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ

คำสำคัญ : เครื่องช่วยหายใจ, กายภาพบำบัดระบบหายใจ, เทคนิค Manual hyperinflation, เทคนิค Ventilator hyperinflation, การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด

* อาจารย์ประจำ สาขากายภาพบำบัด คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ วิทยาลัยนครราชสีมา
** รองศาสตราจารย์ หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการฟื้นฟู ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Corresponding author, email: limphatcharaporn@gmail.com, Tel. 085-4950829
Received : August 17, 2021; **Revised** : December 14, 2021; **Accepted** : December 21, 2021

The Effectiveness of Ventilator Hyperinflation to Improve Pulmonary Oxygenation in Patients Undergoing Mechanical Ventilation

Jirawat Limphatcharaporn*, Hataichanok Boonpim*,
Pattrawan Pattaranit*, Weerapong Chidnok**

Abstract

Secretion retention is the main cause of respiratory complications in patients undergoing mechanical ventilation and results in a longer stay in hospital and treatment costs. While manual hyperinflation can be applied to aid secretion removal, improve chest expansion and elevate pulmonary oxygenation, patients are disconnected from mechanical ventilation during suction which can adversely impact pulmonary oxygenation. The ventilator hyperinflation approach was developed to improve on the limitations of manual hyperinflation. Indeed, this technique can improve secretion removal, chest compliance and pulmonary oxygenation similar to the manual hyperinflation, but without the requirement to be removed from mechanical ventilation. The objective of this academic article was to compare the relative effectiveness of the ventilator and manual hyperinflation approaches in patients using mechanical ventilation. From the literature review, ventilator hyperventilation was more effective at improving pulmonary oxygenation than manual hyperinflation as patients were not required to be disconnected from mechanical ventilation, which prevented the loss of positive end-expiratory pressure and improved pulmonary oxygenation. The ventilator hyperinflation was safe with patients using mechanical ventilation.

Keywords : Mechanical ventilation, Respiratory physical therapy, Manual hyperinflation, Ventilator hyperinflation, Pulmonary oxygenation

* Instructor, Department of Physical Therapy, Faculty of Medical Science, Nakhonratchasima college

** Assoc. Prof., Exercise and Rehabilitation Science Research Unit, Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University

Corresponding author, email: limphatcharaporn@gmail.com, Tel. 085-4950829

Received : August 17, 2021; **Revised** : December 14, 2021; **Accepted** : December 21, 2021

บทนำ

เครื่องช่วยหายใจมีความสำคัญในการช่วยชีวิตในผู้ป่วยระยะวิกฤต การใช้เครื่องช่วยหายใจมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาระดับของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในเลือดให้มีระดับที่เหมาะสม โดยไม่เพิ่มงานของการหายใจ (Hess et al., 2016) แต่ผลกระทบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนระบบหายใจ เช่น การคั่งค้างของเสมหะ เนื่องจากท่อของเครื่องช่วยหายใจจะขัดขวางกระบวนการไอ (Pathmanathan, Beaumont, & Gratrix, 2014) และกระบวนการ Mucociliary transport (Kodrad et al., 1994) การคั่งค้างของเสมหะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภาวะอื่นๆ ตามมา อาทิ ภาวะปอดติดเชื้อจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ ภาวะปอดแฟบ เป็นต้น (Ntoumenopoulos, 2014) ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการรักษาเพิ่มขึ้นและการรักษาตัวในโรงพยาบาลนานมากขึ้น (Hugonnet et al., 2004) ดังนั้น นักกายภาพบำบัดระบบหายใจจึงมีบทบาทที่สำคัญในการกำจัดเสมหะ เพิ่มปริมาตรอากาศในการหายใจ ลดภาวะแทรกซ้อน และหย่าเครื่องช่วยหายใจให้ได้เร็วที่สุด สำหรับผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจที่กลไกการไอถูกขัดขวาง เทคนิคทางกายภาพบำบัดในระบบหายใจ เช่น การเคาะปอด สั่นปอด เขย่าปอด การจัดท่าระบายเสมหะ การดูดเสมหะ เทคนิค manual hyperinflation (MHI) และเทคนิค ventilator hyperinflation (VHI) ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำจัดเสมหะ (Pathmanathan, Beaumont, & Gratrix, 2014)

เทคนิค MHI เป็นเทคนิคหนึ่งที่ถูกประยุกต์ใช้ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ เพื่อใช้ในการกำจัดเสมหะ (Paulus et al., 2012) เทคนิค MHI เป็นเทคนิคที่เลียนแบบการไอ (Clement, & Hübsch, 1968) ในทางปฏิบัติเทคนิค MHI จะใช้ถุงลมช่วยหายใจ (Resuscitation bag) สำหรับผู้ใหญ่ ต่อเข้ากับท่อเครื่องช่วยหายใจ จากนั้นจะค่อยๆ บีบช้าๆ ประมาณ 2-3 วินาที ให้สัมพันธ์กับการหายใจเข้า บีบค้างไว้ประมาณ 2 วินาทีและปล่อยอย่างรวดเร็ว (Savian, Paratz, & Davies, 2006; Dennis, Jacob, & Budgeon, 2012; Ahmed et al., 2010) ควบคุมความดันทางเดินหายใจสูงสุด (Peak airway pressure: Paw) ไม่เกิน 40 เซนติเมตรน้ำ นอกจากเทคนิค MHI จะสามารถกำจัดเสมหะได้แล้ว ยังเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกและเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด (Pulmonary oxygenation) ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ (Paulus et al., 2012) ได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การใช้เทคนิค MHI มีข้อเสีย คือ เสี่ยงต่อการปนเปื้อนขณะขาดการเชื่อมต่อจากเครื่อง (Dennis, Jacob, & Budgeon, 2012) การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดลดลงขณะขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจ (Lindberg et al, 1992) และผู้ป่วยมีภาวะความไม่สุขสบายในขณะดูดเสมหะ (Savian, Paratz, & Davies, 2006)

เทคนิค VHI เป็นเทคนิคที่ถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี 2002 เพื่อจำกัดข้อเสียของเทคนิค MHI และมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดเสมหะ มีความแม่นยำในการควบคุมตัวแปร (Berney, & Denehy, 2002) ในทางปฏิบัติเทคนิค VHI จะเพิ่มปริมาตรอากาศหายใจเข้า-ออกหนึ่งครั้ง (Tidal volume: V_T) ผ่านทางเครื่องช่วยหายใจตามปริมาตรที่ต้องการ กำหนดระยะเวลาการหายใจเข้า (Inspiratory time: T_i) ปรับค่าความเข้มข้นของออกซิเจน (Fraction of inspired oxygen: FiO_2) เมื่อเสร็จสิ้นเทคนิค VHI จะทำการดูดเสมหะแบบระบบปิด (close suction) จึงทำให้ผู้ป่วยไม่ขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจ นอกจาก เทคนิค VHI สามารถกำจัดเสมหะได้แล้ว (Lemes, Zin, & Guimaraes, 2009) จากการศึกษาที่ผ่านมายังพบว่า เทคนิค VHI สามารถเพิ่มการขยายตัวของทรวงอก (Lemes, Zin, & Guimaraes, 2009) เพิ่มการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด (Ahmed et al., 2010) ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ

จากการทบทวนการศึกษาพบว่า ทั้งเทคนิค VHI และ MHI ให้ประสิทธิผลที่คล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องของเทคนิคการปฏิบัติ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของบทความวิชาการครั้งนี้คือ ต้องการศึกษาประสิทธิผลระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ โดยเนื้อหาที่จะกล่าวดังต่อไปนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ ซึ่งล้วนแล้วทำให้ผู้อ่านได้ทราบถึงวิธีการปฏิบัติเทคนิค VHI และประสิทธิผลระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ

เปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ

จากการสืบค้นการศึกษาที่เกี่ยวข้องบนฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ระดับนานาชาติ ซึ่งครอบคลุมทั้งงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่และไม่ได้รับการเผยแพร่ ได้แก่ PubMed, Cochrane Library, Google Scholar, Open Grey, CINAHL Plus, PEDro, Wiley Online Library, และ ScienceDirect การสืบค้นครอบคลุมตั้งแต่วันเริ่มต้นมีบนฐานข้อมูลจนถึงวันที่ 1 สิงหาคม ค.ศ.2021 โดยเกณฑ์การคัดเลือกการศึกษาจะคัดเลือกเฉพาะการศึกษาทางคลินิกที่มีการเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ โดยมีทั้งหมด 4 การศึกษาดังนี้

การศึกษาของ Savian, Paratz, & Davies (2006) ได้เปรียบเทียบประสิทธิผลของเทคนิค VHI และ MHI ต่อการตั้งค่าแรงดันบวกในขณะหายใจออกสุด (Positive end-expiratory pressure: PEEP) ที่แตกต่างกันในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ เทคนิค VHI ปฏิบัติโดยกำหนด V_T เท่ากับ 130% ของ V_T ปกติ หายใจ 7-8 ครั้งต่อนาที ต่อเนื่อง 3 นาที จึงดูดเสมหะ ปรับค่า FiO_2 เท่ากับ 1.0 และค่าความดันทางเดินหายใจสูงสุดไม่เกิน 40 เซนติเมตรน้ำ จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณเสมหะของทั้ง 2 เทคนิคไม่แตกต่างกัน ($F=0.92$, $df=1$, $p=0.34$) การขยายตัวของทรวงอกแบบคงที่ของเทคนิค VHI และ MHI ไม่แตกต่างกัน ($F=0.01$, $df=1$, $p=0.91$) และการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดของทั้ง 2 เทคนิคไม่แตกต่างกัน ($F=1.75$, $df=1$, $p=0.2$) แต่ผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะว่า การแลกเปลี่ยนแก๊สของทั้ง 2 เทคนิค มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เทคนิค VHI ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วย

การศึกษาของ Ahmed et al. (2010) ได้เปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างเทคนิค VHI และ เทคนิค MHI ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ เทคนิค VHI ปฏิบัติโดยเพิ่ม V_T ที่ 150% จากค่าปกติ หายใจ 8 ครั้งต่อนาที หายใจต่อเนื่อง 3 นาที ค่า FiO_2 เท่ากับ 1.0 ความดันทางเดินหายใจสูงสุดไม่เกิน 35 มิลลิเมตรปรอท การศึกษาครั้งนี้พบว่า เทคนิค VHI สามารถเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกแบบพลวัติ (Dynamic lung compliance) โดยผลทันทีเมื่อเปรียบเทียบก่อนการรักษา เพิ่มขึ้น 6.62% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดเมื่อเปรียบเทียบก่อนการรักษา เทคนิค VHI มีค่าเพิ่ม 5.27% จากค่าปกติ ($p<0.01$) และเทคนิค MHI เพิ่มขึ้น 4.88% ($p<0.01$) และเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดเมื่อเปรียบเทียบก่อนการรักษา เทคนิค VHI เพิ่มขึ้น 2.46% จากค่าปกติ ($p=0.57$) และเทคนิค MHI เพิ่มขึ้น 1.93% จากค่าปกติ ($p<0.01$) แต่อย่างไรก็ตามการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดของเทคนิค VHI ยังคงเพิ่มสูงกว่าเมื่อเสร็จสิ้นการรักษาและเมื่อเวลาผ่านไป เทคนิค VHI ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ เทคนิค VHI มีการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดมากกว่าเทคนิค MHI เป็นผลมาจากการที่ผู้ป่วยได้รับ V_T ที่ 150% จากปกติ ทำให้ถุงลมที่ปิดมีการเปิดเพิ่มมากขึ้นหลังจากที่ให้อากาศเข้าไป ทำให้มีการเพิ่มสัดส่วนของการระบายอากาศและเลือดที่มาถุงลมปอด (ventilation-perfusion ratio) เพิ่มมากขึ้น จึงช่วยให้การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ในขณะดูดเสมหะของเทคนิค MHI นั้นมีการขาดการเชื่อมต่อกับเครื่องช่วยหายใจ จึงทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะพร่องออกซิเจนเกิดขึ้น (Hypoxia) จึงมีผลกระทบต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด

การศึกษาของ Dennis, Jacob, & Budgeon (2012) ได้เปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ เทคนิค VHI ปรับค่า FiO_2 เท่ากับ 1.0 ค่า PEEP คงค้างไว้ที่ค่าเริ่มต้น กำหนด T_i 3-5 วินาทีต่อครั้ง หายใจ 6-8 ครั้งต่อ 1 รอบ ทำทั้งหมด 4 รอบ คำนวณ V_T เป้าหมายเท่ากับ 15 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวของผู้ป่วย การเพิ่มปริมาตร V_T เพิ่มครั้งละ 150 มิลลิลิตรต่อครั้ง จนกระทั่งถึง V_T เป้าหมาย หรือพบว่า ค่าความดันทางเดินหายใจสูงสุดเพิ่มขึ้นถึง 40 เซนติเมตรน้ำ เมื่อเสร็จสิ้นจึงดูดเสมหะ ตั้งการแจ้งเตือนของเครื่องช่วยหายใจเมื่อค่าความดันทางเดินหายใจสูงสุดสูงถึง 45 เซนติเมตรน้ำ และ V_T เพิ่มสูงขึ้น 250% จากค่าปกติ ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาตรเสมหะและการขยายตัวของทรวงอกแบบพลวัติทั้ง 2 เทคนิคไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่หลังจากเวลาผ่านไป 30 นาที พบว่า เทคนิค VHI มีการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดเพิ่มมากกว่าเทคนิค MHI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์แบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคและเวลา (เทคนิค VHI และ MHI: การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด เท่ากับ 278±85.55 และ 265±74.1 ตามลำดับ, p=0.044) และเทคนิค VHI มีความปลอดภัยต่อผู้ป่วย ผู้วิจัยเสนอแนะว่า การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดของเทคนิค VHI ที่สูงกว่าเทคนิค MHI เป็นผลจาก ผู้ป่วยไม่มีการขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจในขณะดูดเสมหะ เพราะฉะนั้น การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดในขณะดูดเสมหะยังคงเกิดได้ต่อเนื่อง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังเสนอแนะว่าเทคนิค VHI มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในผู้ป่วยที่มีการตั้งค่า PEEP ที่สูงหรือต่ำ ร่วมกับการตั้งค่า FiO_2 ที่สูงหรือต่ำ

การศึกษาของ Jacob et al. (2021) พบว่า เทคนิค VHI ที่ปฏิบัติโดย กำหนด T_i 3-5 วินาที หายใจ 6-8 ครั้งต่อนาที ทั้งหมด 4 รอบ เพิ่ม V_T แบบก้าวหน้า ครั้งละ 200 มิลลิลิตรต่อครั้ง จนกระทั่งค่าความดันทางเดินหายใจ เท่ากับ 30-32 เซนติเมตรน้ำ และกำหนด V_T เป้าหมายไม่เกินปริมาตรอากาศสำรองในการหายใจเข้า (Inspiratory reserve volume) ตั้งการแจ้งเตือนเครื่องช่วยหายใจเมื่อค่าความดันทางเดินหายใจถึง 35 เซนติเมตรน้ำ ค่า FiO_2 เท่ากับ 1.0 และไม่ปรับค่า PEEP ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณเสมหะของเทคนิค VHI (มัธยฐาน 2.84 กรัม ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.81,4.22 กรัม) มากกว่าเทคนิค MHI (มัธยฐาน 1.5 กรัม ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 0.73, 2.31 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) การขยายตัวของทรวงอกแบบพลวัติและการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เสนอแนะว่า การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดของเทคนิค VHI มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงกว่าเทคนิค MHI เนื่องจากผู้ป่วยไม่ขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจในขณะดูดเสมหะ จึงทำให้ไม่สูญเสียค่า PEEP และเทคนิค VHI ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วย

ตารางที่ 1 การศึกษา กลุ่มตัวอย่าง รูปแบบการศึกษา รูปแบบเทคนิค VHI และ MHI

ผู้แต่ง	กลุ่มตัวอย่างและรูปแบบการศึกษา	เทคนิค VHI	เทคนิค MHI
Savian et al. (2006)	- ผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหายใจ 14 คน รูปแบบการศึกษาสลับไขว้ (cross over study)	- V_T เป้าหมาย 130% จากค่าปกติ หายใจ 7-8 ครั้งต่อนาที ต่อเนื่อง 3 นาที FiO_2 เท่ากับ 1.0 Paw ไม่เกิน 40 cmH_2O	- ถุงลมช่วยหายใจต่อเข้ากับวาล์วควบคุมความดัน บีบถุงลมช่วยหายใจขณะหายใจเข้า 2 วินาที ค้างไว้ 2 วินาที และคลายถุง 1 วินาที หายใจ 8 ครั้งต่อนาที ต่อเนื่อง 3 นาที FiO_2 เท่ากับ 1.0

ตารางที่ 1 การศึกษา กลุ่มตัวอย่าง รูปแบบการศึกษา รูปแบบเทคนิค VHI และ MHI (ต่อ)

ผู้แต่ง	กลุ่มตัวอย่างและรูปแบบการศึกษา	เทคนิค VHI	เทคนิค MHI
Ahmed et al. (2010)	- ผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหายใจ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเทคนิค VHI 15 คนและกลุ่มเทคนิค MHI 15 คน	- V_T เป้าหมาย 150% จากค่าปกติ หายใจ 8 ครั้งต่อนาที ต่อเนื่อง 3 นาที FiO_2 เท่ากับ 1.0 Paw ไม่เกิน 35 มิลลิเมตรปรอท	- ถุงลมช่วยหายใจขนาด 1.5 ลิตรต่อเข้ากับวาล์วควบคุมความดัน บีบถุงลมช่วยหายใจขณะหายใจเข้า 2 วินาที ค้างไว้ 2 วินาที และคลายถุง 1 วินาที หายใจ 8 ครั้งต่อนาที ต่อเนื่อง 3 นาที FiO_2 เท่ากับ 1.0
Dennis et al. (2012)	- ผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหายใจ 46 คน รูปแบบการศึกษาสลับไขว้ (cross over study)	- V_T เป้าหมาย 15 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว เวลาหายใจเข้า 3-5 วินาที หายใจ 6-8 ครั้งต่อนาที ทำซ้ำ 4 รอบ FiO_2 เท่ากับ 1.0 เพิ่ม V_T ก้าวหน้าครั้งละ 150 มิลลิลิตร จนถึง V_T เป้าหมาย หรือ Paw ไม่เกิน 40 cmH_2O ตั้งการเตือน Paw ไม่เกิน 45 cmH_2O และ V_T ไม่เกิน 250% จากค่าปกติ	- ถุงลมช่วยหายใจต่อเข้ากับวาล์วควบคุมความดัน บีบถุงลมช่วยหายใจและค้างไว้อย่างน้อย 2 วินาที หายใจ 8 ครั้งต่อนาที ทำซ้ำ 4 รอบ ตั้งการเตือน Paw ไม่เกิน 40 cmH_2O
Jacob et al. (2021)	- ผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหายใจ 23 คน รูปแบบการศึกษาสลับไขว้ (cross over study)	- เพิ่ม V_T ก้าวหน้าครั้งละ 200 มิลลิลิตร จนถึง V_T เป้าหมาย โดย V_T เป้าหมาย ไม่เกิน Paw 30-32 cmH_2O และปริมาตร IRV ที่คำนวณ เวลาหายใจเข้า 3-5 วินาที หายใจ 6-8 ครั้งต่อนาที ทำซ้ำ 4 รอบ FiO_2 เท่ากับ 1.0 ตั้งการเตือน Paw ไม่เกิน 35 cmH_2O และ V_T ไม่เกิน ปริมาตร IRV ที่คำนวณ	- ถุงลมช่วยหายใจต่อเข้ากับวาล์วควบคุมความดัน บีบถุงลมช่วยหายใจและค้างไว้อย่างน้อย 2 วินาที หายใจ 8 ครั้งต่อนาที ทำซ้ำทั้งหมด 4 รอบ ตั้งการเตือน Paw ไม่เกิน 40 cmH_2O

VHI: ventilator hyperinflation; MHI: manual hyperinflation; V_T: Tidal volume (ปริมาตรอากาศหายใจเข้า-ออกหนึ่งครั้ง); Paw: peak airway pressure (ความดันทางเดินหายใจ; cmH_2O: centimeter of water (เซนติเมตรน้ำ); IRV: Inspiratory reserve volume (ปริมาตรอากาศสำรองในการหายใจเข้า); FiO_2: Fraction of inspired oxygen (ค่าความเข้มข้นของออกซิเจน)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิผลต่อการกำจัดเสมหะระหว่างเทคนิค VHI และ MHI

ผู้แต่ง	Savian et al. (2006)	Ahmed et al. (2010)	Dennis et al. (2012)	Jacob et al. (2021)
การกำจัดเสมหะ	- ปริมาตรเสมหะระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ไม่แตกต่างกัน (F=0.92, d*f*=1, *p*=0.34)	- ไม่ทำการศึกษา	- ปริมาตรเสมหะระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ไม่แตกต่างกัน (*p*=0.989)	- ปริมาตรเสมหะเทคนิค VHI (มัธยฐาน 2.84 กรัม ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.81, 4.22 กรัม) มากกว่าเทคนิค MHI (มัธยฐาน 1.5 กรัม ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 0.73, 2.31 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p*<0.01)

VHI: ventilator hyperinflation; MHI: manual hyperinflation

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิผลต่อการขยายตัวของทรวงอกระหว่างเทคนิค VHI และ MHI

ผู้แต่ง	Savian et al. (2006)	Ahmed et al. (2010)	Dennis et al. (2012)	Jacob et al. (2021)
การขยายตัวของทรวงอก	- Static lung compliance ระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ไม่มีความแตกต่างกัน (F=0.01, d*f*=1, *p*=0.91)	- เมื่อเปรียบเทียบผลกับก่อนการรักษา พบว่า static lung compliance ของ เทคนิค VHI สามารถเพิ่มผลทันที 5.57% (*p*=0.08) ผล 20 นาที 4.79% (*p*=0.13) ตามลำดับ และเทคนิค MHI สามารถเพิ่มผลทันที 7.66% (*p*=0.18) ผล 20 นาที 2.15% (*p*=1) และ dynamic lung compliance ของ เทคนิค VHI สามารถเพิ่มผลทันที 6.62% (*p*<0.01) ผล 20 นาทีเพิ่มขึ้น 3.37% (*p*=0.12) ตามลำดับ และเทคนิค MHI สามารถเพิ่มผลทันที 5.49% (*p*=0.07) ผล 20 นาที 2.59% (*p*=1) ตามลำดับ	- Dynamic lung compliance ระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ไม่แตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์แบบเทคนิค (*p*=0.823) วิเคราะห์ด้วยเวลา (*p*=0.286) และวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคและเวลา (*p*=0.748)	- Dynamic lung compliance ระหว่างเทคนิค VHI และ MHI ไม่แตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์แบบเทคนิค (*p*=0.974) และเมื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคและเวลา (*p*=0.947)

VHI: ventilator hyperinflation; MHI: manual hyperinflation; Static lung compliance: การขยายตัวของปอดแบบคงที่; Dynamic lung compliance: การขยายตัวของปอดแบบพลวัติ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิผลต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดระหว่างเทคนิค VHI และ MHI

ผู้แต่ง	Savian et al. (2006)	Ahmed et al. (2010)	Dennis et al. (2012)	Jacob et al. (2021)
การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด	- เมื่อเปรียบเทียบก่อนการรักษา พบว่า ผลทันที ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเทคนิค VHI และ MHI (F=0.50, d*f*=1, *p*=0.48) และผล 30 นาที ไม่แตกต่างกันระหว่างเทคนิค VHI และ MHI (F=1.75, d*f*=1, *p*=0.2)	- เมื่อเปรียบเทียบก่อนการรักษาพบว่า เทคนิค VHI สามารถเพิ่มผลทันที 5.27% (*p*<0.01) และผล 20 นาที 2.46% (*p*=0.57) ตามลำดับ และเทคนิค MHI สามารถเพิ่มขึ้นของผลทันที 4.88% (*p*<0.01) และผล 20 นาที 1.93% (*p*<0.01) ตามลำดับ	- เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดของเทคนิค VHI (278 ± 85.55) มากกว่าเทคนิค MHI (265 ± 74.10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคและเวลา (*p*=0.044)	- การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด ไม่แตกต่างกันระหว่างเทคนิค VHI และ MHI เมื่อวิเคราะห์แบบเทคนิค (*p*=0.115) และวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคและเวลา (*p*=0.265)

VHI: ventilator hyperinflation; MHI: manual hyperinflation

เทคนิค VHI มีประสิทธิผลการเพิ่มการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดดีกว่า เทคนิค MHI

จากการทบทวนการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การกำจัดเสมหะ และการขยายตัวของทรวงอกของเทคนิค VHI มีประสิทธิผลแตกต่างกันเล็กน้อยจากเทคนิค MHI แต่ เทคนิค VHI สามารถเพิ่มการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดได้มีประสิทธิผลมากกว่าเทคนิค MHI และมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และเทคนิค VHI ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ (Berney, & Denehy, 2002; Lemes, Zin, & Guimaraes, 2009; Ribeiro et al., 2019; Savian, Paratz, & Davies, 2006)

เทคนิค VHI เป็นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการกำจัดเสมหะ ในทางปฏิบัติเทคนิค VHI จะเพิ่ม V_T ที่มากกว่าปกติผ่านเครื่องช่วยหายใจ และกำหนด T_i ให้ช้าลง เพื่อลดแรงต้านทานการไหลจากทางเดินหายใจ เมื่อปริมาตรอากาศที่มากเข้าไปในปอด อากาศจะกระจายไปยังถุงลมทั้งที่เปิดอยู่และถุงลมที่ปิดให้ถูกเปิดอีกครั้ง (Alveolar re-expansion) และส่งผลให้การขยายตัวของทรวงอกเพิ่มขึ้น (Ahmed et al., 2010) เมื่อการขยายตัวของทรวงอกเพิ่มขึ้น แรงการหดกลับของปอด (Lung recoil) เพิ่มสูงขึ้นตามทำให้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหายใจเข้า แรงการหดกลับของปอดที่สูงจะทำให้ถุงลมหดกลับได้ดีขึ้น ส่งผลให้ลมหายใจออกมีความเร็วเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการพัดพาเสมหะจากท่อส่วนปลายไปยังส่วนต้น (Lemes, Zin, & Guimaraes, 2009) เมื่อเสมหะถูกกำจัดออก ทางเดินอากาศโล่งมากขึ้นและอากาศกระจายไปสู่ถุงลมได้มากขึ้น จึงทำให้สัดส่วนของการระบายอากาศและเลือดที่มาถุงลมปอดเพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดเกิดขึ้นได้ดีขึ้น (Ahmed et al., 2010) และเทคนิค VHI ยังเป็นเทคนิคที่ปลอดภัยที่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Berney, & Denehy, 2002; Lemes, Zin, & Guimaraes, 2009; Ribeiro et al., 2019; Savian, Paratz, & Davies, 2006)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของทั้งสองเทคนิค จะพบว่า การกำจัดเสมหะและการขยายตัวของทรวงอก มีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดของเทคนิค VHI มีความสามารถในการเพิ่มการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดได้ดีกว่าเทคนิค MHI นั้น เนื่องจากเทคนิค VHI ไม่ขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจในขณะดูดเสมหะเหมือนเทคนิค MHI จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด

ในขณะขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจเพื่อดูดเสมหะนั้น ผู้ป่วยจะสูญเสียค่า PEEP ที่ถูกตั้งไว้ (Dennis, Jacob, & Budgeon, 2012; Ahmed et al., 2010) ซึ่งค่า PEEP เป็นค่าหนึ่งที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด เนื่องจาก มีความสำคัญในการช่วยให้ถุงลมยังคงรูปร่างและป้องกันการปิดของถุงลม (Alveolar collapse) ขณะหายใจออกสุดในภาวะปกติ และยังคงรักษาปริมาตรอากาศหลังหายใจออกปกติ (Functional residual capacity: FRC) ให้เหมาะสมและเพียงพอต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด (Hess, & Kacmarek, 2014) ดังนั้น เมื่อมีการขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจเพื่อดูดเสมหะ จึงทำให้สูญเสียค่าPEEP ที่ตั้งค่าไว้ จึงทำให้ FRC มีปริมาตรลดลง (Hedenstierna et al, 1994) และทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดลดลง (Lindberg et al, 1992) ดังนั้น เมื่อเทคนิค VHI ไม่มีการขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจ จึงทำให้ผู้ป่วยไม่สูญเสียค่า PEEP ส่งผลให้ถุงลมยังคงรูปร่างและเปิดอยู่ (Savian, Paratz, & Davies, 2006; Ahmed et al., 2010) ปริมาตร FRC ยังคงเหมาะสมและเพียงพอต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด นอกจากนี้ขณะดูดเสมหะ อากาศจากเครื่องช่วยหายใจยังคงถูกเติมในระบบหายใจอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ผู้ป่วยได้รับ FiO_2 อย่างต่อเนื่องและทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดยังคงเกิดขึ้นได้ต่อเนื่อง (Ahmed et al., 2010)

จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า เทคนิค VHI เมื่อเสมหะถูกกำจัดออกไป ทำให้ทางเดินอากาศโล่งมากขึ้นร่วมกับการให้ปริมาตรอากาศที่มากกว่าปกติ ทำให้อากาศถูกกระจายไปยังถุงลมที่เปิดและทำให้ถุงลมบางส่วนที่ปิดถูกเปิดอีกครั้ง ส่งผลให้สัดส่วนของการระบายอากาศและเลือดที่มาถุงลมปอดเพิ่มมากขึ้น ทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดเพิ่มมากขึ้น การที่ผู้ป่วยไม่ขาดการเชื่อมต่อเครื่องช่วยหายใจของเทคนิค VHI ทำให้ผู้ป่วยไม่สูญเสียค่า PEEP ที่ถูกตั้งไว้ขณะดูดเสมหะ ส่งผลให้ถุงลมยังคงรักษารูปร่างและเปิดอยู่ จึงยังคงรักษาปริมาตร FRC ที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอด ผู้ป่วยยังคงได้รับ FiO_2 อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอากาศยังคงถูกเติมจากเครื่องช่วยหายใจอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดของเทคนิค VHI ยังคงเกิดได้ต่อเนื่องและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป นอกจากนี้เทคนิค VHI ยังปลอดภัยต่อการนำไป ลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนขณะดูดเสมหะ (Dennis, Jacob, & Budgeon, 2012) และลดภาวะความไม่สุขสบายที่เกิดขึ้นที่เกิดขึ้นต่อผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ ดังนั้น การใช้เทคนิค VHI ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจอย่างต่อเนื่องร่วมกับการฝึกทางกายภาพบำบัดเป็นประจำ จึงอาจนำไปสู่การหย่าเครื่องช่วยหายใจได้เร็วขึ้น

สรุป

เทคนิค VHI มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนที่ปอดได้ดีกว่าเทคนิค MHI ทั้งในด้านผลทันทีและผลคงค้าง เนื่องจากผู้ป่วยไม่ต้องขาดการเชื่อมต่อจากเครื่องช่วยหายใจ ส่งผลทำให้ไม่สูญเสียค่า PEEP นอกจากนี้ เทคนิค VHI ยังปลอดภัย ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนขณะดูดเสมหะ และเกิดความไม่สุขสบายน้อยกว่าเทคนิค MHI ประสิทธิภาพของการกำจัดเสมหะ และการขยายตัวของทรวงอกของทั้งสองเทคนิคแตกต่างกันเล็กน้อย

.....

เอกสารอ้างอิง

Ahmed, F., Shafeeq, A.M., Moiz, J.A., & Geelani, M.A. (2010). Comparison of effects of manual versus ventilator hyperinflation on respiratory compliance and arterial blood gases in patients undergoing mitral valve replacement. *Heart Lung, 39*(5)*,* 437-443. doi: 10.1016/j.hrtlng.2009.10.006.

Anderson, A., Alexanders, J., Sinani, C., Hayes, S., & Fogarty, M. (2015). Effects of ventilator vs manual hyperinflation in adults receiving mechanical ventilation: a systematic review of randomized clinical trials. *Physiotherapy, 101*(2)*,* 103-110. doi: 10.1016/ j.physio.2014.07.006.

Berney, S., & Denehy, L. (2002). A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiotherapy Research International, 7*(2)*,* 100-108. doi: 10.1002/pri.246.

Clement, A.J., & Hübsch, S.K. (1968). Chest physiotherapy by the bag squeezing method: a guide to technique. *Physiotherapy, 54*(10)*,* 355-359.

Dennis, D., Jacob, R., & Budgeon, C. (2012). Ventilator versus manual hyperinflation in clearing sputum in ventilated intensive care unit patients. *Anaesth Intensive Care,* 40, 142-149. doi: 10.1177/0310057X1204000117.

Hedenstierna, G., Tokics, L., Lundquist, H., Andersson, T., Strandberg, A., & Brismar, B. (1994). Phrenic nerve stimulation during halothane anesthesia. Effects of atelectasis. *Anesthesiology,* 80, 751-760. doi: 10.1097/00000542-199404000-00006.

Hess, D.R., & Kacmarek, R.B. (2014). Chapter 13: FiO_2, positive end-expiratory pressure, and mean airway pressure. In D. R. Hess & R.B. Kacmarek (Eds.), *Essentials of mechanical ventilation.* (pp.132-142). United States of America: McGraw-Hill Medical.

Hess, D.R., MacIntyre, N.R., Mishoe, S.C., Galvin, W.F., & Adams, A.B. (2016). Chapter 2 mechanical ventilation. In D. R. Hess & N. R. MacIntyre (Eds.), *Respiratory care: principles and practice.* (pp.462-500). United States of America: Jones & Bartlett Learning.

Hugonnet, S., Eggimann, P., Borst, F., Maricot, P., Chevrolet, J.C., & Pittet, D. (2004). Impact of ventilator-associated pneumonia on resource utilization and patient outcome. *Infection Control & Hospital Epidemiology, 25*(12)*,* 1090-1096. doi: 10.1086/502349.

Jacob, W., Dennis, D., Jacques, A., Marsh, L., Woods, P., & Hebden-Todd, T. (2021). Ventilator hyperinflation determined by peak airway pressure delivered: a randomized crossover trial. *Nursing in Critical Care, 26*(1)*,* 14-19. doi: 10.1111/nicc.12498.

Konrad, F., Schreiber, T., Brecht-Kraus, D., & Georgieff, M. (1994). Mucociliary transport in ICU patients. *Chest, 105*(1)*,* 237-241. doi: 10.1378/chest.105.1.237.

Lemes, D.A., Zin, W.A., & Guimaraes, F.S. (2009). Hyperinflation using pressure support ventilation improves secretion clearance and respiratory mechanics in ventilated patients with pulmonary infection: a randomized crossover trial. *Australian Journal of Physiotherapy, 55*(4)*,* 249-254. doi: 10.1016/s0004-9514(09)70004-2.

Lindberg, P., Gunnarsson, L., Tokics, L., Secher, E., Lundquist, H., Brismar B, & Hedenstierna, G. (1992). Atelectasis and lung function in the postoperative period. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, *36*(6)*,* 546-553. doi: 10.1111/j.1399-6576.1992.tb03516.x.

Ntoumenopoulos, G. (2014) Clinical Impact of Secretion Retention. *Current Respiratory Medicine Reviews, 10*(3)*,* 158-162). doi: 10.2174/1573398X1003150120095050.

Pathmanathan, N., Beaumont, N., & Gratrix, A. (2014). Respiratory physiotherapy in the critical care unit. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain, 15*(1)*,* 20-25. doi: 10.1093/bjaceaccp/mku005.

Paulus, F.J., Binnekade, J.M., Vroom, M.B., & Schultz, M.J. (2012). Benefits and risks of manual hyperinflation in intubated and mechanically ventilated intensive care unit patients: a systematic review. *Critical Care, 16*(4)*,* R145. doi: 10.1186/cc11457.

Ribeiro, B.S., Lopes, A.J., Menezes, S.L.S., & Guimarães, F.S. (2019). Selecting the best ventilator hyperinflation technique based on physiologic markers: A randomized controlled crossover study. *Heart Lung, 48*(1)*,* 39-45. doi: 10.1016/j.hrtlng.2018.09.006.

Savian, C., Paratz, J., & Davies, A. (2006). Comparison of the effectiveness of manual and ventilator hyperinflation at different levels of positive end-expiratory pressure in artificially ventilated and intubated intensive care patients. *Heart Lung, 35*(5)*,* 334-341. doi: 10.1016/j.hrtlng.2006.02.003.