

การให้ยาพ่นแบบฝอยละอองชนิด nebulizer (Nebulizer therapy)

อาจารย์แพทย์หญิงสุชาดา ศรีทิพย์วรรณ
หน่วยโรคระบบหายใจ ภาควิชากุมารเวชศาสตร์
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ เพื่อให้เรียนรู้สามารถ

1. บอกชนิดและหลักการทำงานของ nebulizer ชนิดต่างๆได้
2. บอกวัตถุประสงค์ของการให้ nebulizer therapy ได้
3. บอกวิธีการใช้ small volume jet nebulizer ได้

บทนำ

การให้ยาพ่นแบบฝอยละออง (aerosol therapy) เป็นวิธีการบริหารยาโดยการให้ยาในรูปแบบของฝอยละออง (aerosol) วิธีหนึ่ง กล่าวคือ ยาอยู่ในรูปของอนุภาคของของแข็งหรือของเหลวซึ่งแขวนลอยอยู่ในอากาศหรือก๊าซ ตัวอย่างของการให้ยาพ่นแบบฝอยละอองได้แก่

- การให้ยาพ่นแบบฝอยละอองชนิด nebulizer
- การให้ยาพ่นแบบฝอยละอองชนิด pressurized meter dose inhaler (pMDI)
- การให้ยาพ่นแบบฝอยละอองแบบ dry powder inhaler (DPI)

การให้ยาพ่นแบบฝอยละอองชนิด nebulizer (nebulizer therapy) เป็นวิธีการบริหารยาที่นิยมใช้ในการรักษาผู้ป่วยเด็กที่มีปัญหาในระบบหายใจ ข้อดีของการให้ยาโดยวิธีนี้คือ สามารถใช้ได้ดีในเด็กเล็ก ไม่ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ป่วยมากนัก สามารถใช้ได้ดีในผู้ป่วยที่กำลังหอบหรือหายใจเร็วและไม่สามารถสูดหายใจเข้าลึกๆหรือกลืนหายใจได้

ข้อดีอื่นๆของการบริหารยาโดยวิธีนี้ก็เช่นเดียวกับข้อดีโดยทั่วไปของการบริหารยาโดยวิธี aerosol therapy กล่าวคือยาสามารถเข้าไปออกฤทธิ์ได้โดยตรงที่ระบบหายใจ ทำให้ใช้ปริมาณยาน้อยกว่าการบริหารยาโดยวิธีกินหรือฉีดเข้าเส้นเลือด ผลข้างเคียงที่เกิดจากยามีน้อยกว่าเนื่องจากใช้ยาในขนาดน้อย อย่างไรก็ตาม ปริมาณยาที่ผู้ป่วยได้รับ ตลอดจนประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของยาจะดีไม่น้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับเทคนิคการให้ nebulizer therapy แพทย์ผู้ดูแลผู้ป่วยจึงควรมีความรู้และทักษะในการให้ยาโดยวิธีนี้ เพื่อผู้ป่วยจะสามารถได้รับประโยชน์จากยาได้เต็มที่

Nebulizer therapy แบ่งเป็น 2 ประเภทตามกลไกที่ทำให้เกิด aerosol particles ได้แก่

1. Jet nebulizer อาศัยหลักการของ Bernoulli หรือ venturi principle ในการทำให้เกิด aerosol particles

2. Ultrasonic nebulizer อาศัยหลักการของ piezoelectric effect ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูง ทำให้ของเหลวแตกตัวออกเป็น aerosol particles

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของ aerosol particles ที่เข้าสู่ทางเดินหายใจ

1. ขนาดและคุณสมบัติทางกายภาพของ aerosol particles

- aerosol particles ที่มีขนาดใหญ่ตั้งแต่ 10 ไมครอนขึ้นไปจะถูกกักอยู่ในจมูก
- aerosol particles ที่มีขนาด 5-10 ไมครอนจะถูกกักอยู่ในบริเวณ oropharynx และทางเดินหายใจขนาดใหญ่เช่น trachea และ main stem bronchi
- aerosol particles ที่มีขนาด 1-5 ไมครอน จะสามารถผ่านลงไปได้ถึงระดับหลอดลมฝอย (bronchioles) และถุงลม
- aerosol particles ที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จะไม่ deposit ที่ถุงลม แต่จะถูกขับออกมาพร้อมกับลมหายใจออก

นอกจากนี้ คุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความหนาแน่น โครงสร้างทางเคมีของ particles ก็มีผลต่อปริมาณของ aerosol particles ที่ผ่านเข้าไปในทางเดินหายใจ

2. ลักษณะการหายใจของผู้ป่วย

ผู้ป่วยที่หายใจเร็วและตื้นย่อมหายใจเอา aerosol particles เข้าไปได้น้อยกว่าผู้ป่วยที่หายใจช้าๆ และลึกๆ ผู้ป่วยที่หายใจทางปากย่อมจะสามารถหายใจเอา aerosol particles เข้าไปในปอดได้มากกว่าผู้ป่วยที่หายใจทางจมูกอย่างเดียว

3. โรคหรือภาวะที่ผู้ป่วยเป็น

ผู้ป่วยที่มีทางเดินหายใจตีบแคบ เช่น มี tracheal stenosis หรือมีภาวะหลอดลมหดเกร็ง ย่อมหายใจเอา aerosol particles เข้าไปได้น้อยกว่าผู้ป่วยที่มีขนาดของทางเดินหายใจปกติ

4. อัตราการไหลของกาซที่เป็นแหล่งกำเนิด aerosol particles

หากใช้กาซที่มีอัตราเร็วน้อยเกินไป ขนาดของ aerosol particles ที่เกิดขึ้นจะใหญ่เกินไป ทำให้ particles ของยาไม่ไปตกอยู่ในตำแหน่งของทางเดินหายใจส่วนที่เราต้องการให้ยาออกฤทธิ์ ในขณะที่เดียวกัน หากใช้กาซที่มีอัตราเร็วเกินไป นอกจากจะทำให้ขนาดของ particles เล็กเกินไปแล้ว ระยะเวลาที่ผู้ป่วยสัมผัสกับยาก็จะน้อยเกินไปด้วย ทำให้

ผู้ป่วยไม่ได้รับยาตามที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้ว แนะนำให้ใช้ก๊าซที่มีอัตราเร็วประมาณ 6-8 ลิตรต่อนาที

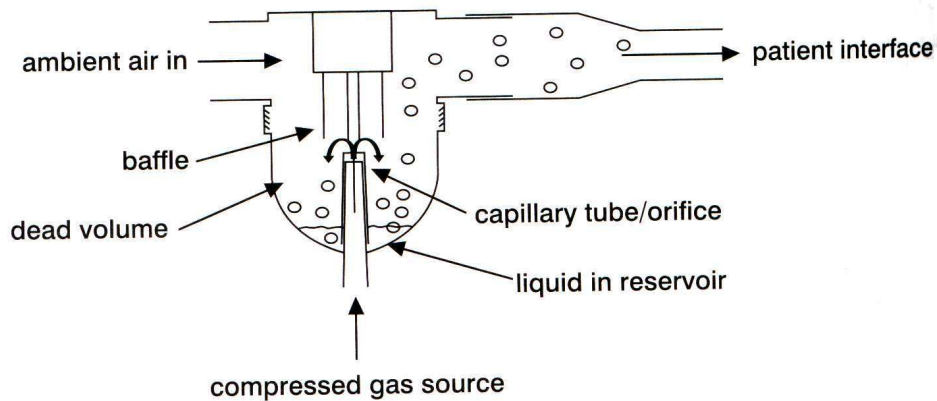
วัตถุประสงค์ของการให้ nebulizer therapy

1. เพื่อการบริหารยาทางการหายใจ ยาที่สามารถให้โดยวิธี nebulizer therapy ได้แก่
 - ยาขยายหลอดลม เช่น ยาในกลุ่ม beta 2 agonist (salbutamol, terbutaline) ยาในกลุ่ม anticholinergic (ipratopium bromide)
 - ยาละลายเสมหะ เช่น N-acetylcysteine
 - ยาปฏิชีวนะ เช่น antibacterial agents บางตัว เช่น tobramycin colistin antiviral agents บางตัว เช่น ribavirin และ antifungal agents บางตัว เช่น amphotericin B เป็นต้น
 - ยาอื่นๆ เช่น insulin furosemide steroids cromolyn sodium เป็นต้น
2. เพื่อช่วยในเรื่องของ bronchial hygiene โดยน้ำที่เป็นตัวทำละลายอยู่ใน aerosolized solution จะช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับเสมหะที่คั่งค้างอยู่ในทางเดินหายใจ ทำให้ผู้ป่วยสามารถไอเอาเสมหะออกมาได้ง่ายขึ้นหรือทำให้ง่ายต่อการดูดเอาเสมหะออก นอกจากนี้ ยาบางตัวเช่นยาในกลุ่ม beta 2 agonist ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ mucociliary clearance system ได้ด้วย
3. เพื่อช่วยในการเก็บเสมหะส่งตรวจ โดยการให้ normal saline โดยวิธี jet หรือ ultrasonic nebulizer ช่วยกระตุ้นให้มีการขับเสมหะและเพิ่มประสิทธิภาพในการไอ
4. เพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ก๊าซที่ให้ผู้ป่วย เช่นการให้ออกซิเจนผ่านทาง larger volume jet nebulizer

การให้ nebulizer therapy โดยใช้ jet nebulizer

หลักการ (ดูภาพที่ 1 ประกอบ)

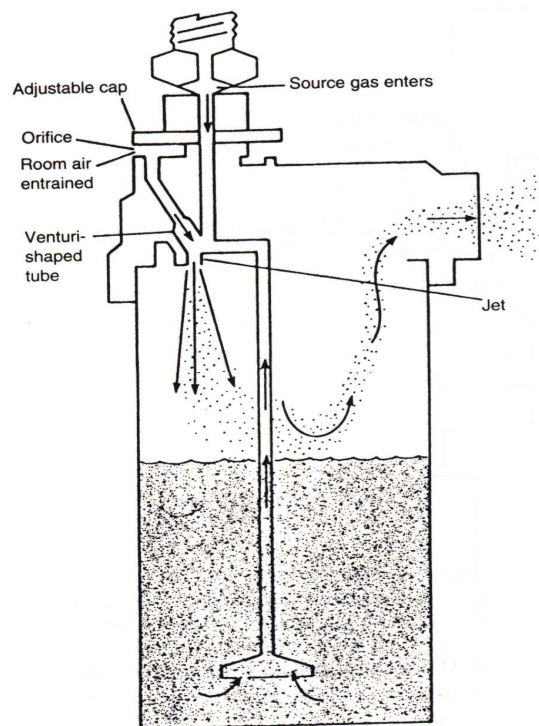
ใช้หลักการของ Bernoulli หรือ venturi principle กล่าวคือ เมื่อก๊าซที่มีแรงดันสูง (compressed gas source) ไหลผ่านท่อเล็กๆ (capillary tube) จะทำให้เกิดแรงดันลบที่ปลายท่อ ทำให้ของเหลวที่อยู่รอบๆท่อ (liquid in reservoir) ถูกดึงขึ้นมาตามท่อ มายังบริเวณที่แรงดันเป็นลบ (capillary tube/orifice) ดังแสดงในภาพที่ 1 แรงดันของก๊าซจะทำให้ของเหลวแตกเป็นอนุภาคเล็กๆแขวนลอยอยู่ในก๊าซ (aerosol) แผ่นกั้น (baffle) ที่อยู่ใน jet nebulizer จะช่วยให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ตกลงคืนสู่ของเหลว เหลือแต่อนุภาคที่มีขนาดเล็กไหลไปกับก๊าซเข้าสู่ทางเดินหายใจของผู้ป่วย (patient interface)



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของ jet nebulizer

Jet nebulizer แบ่งเป็น 2 ชนิดตามขนาดของ nebulizer คือ

1. Small volume jet nebulizer หรือ medication nebulizer เป็น jet nebulizer ที่มีขนาดเล็ก ใช้สำหรับให้ยา
2. Large volume jet nebulizer เป็น jet nebulizer ที่มีขนาดใหญ่ โดยมากมักใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับให้ความชุ่มชื้นแก่กาซที่ให้ผู้ป่วย โครงสร้างของ large volume jet nebulizer ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งจะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดในที่นี้



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของ large volume jet nebulizer

Small volume jet nebulizer

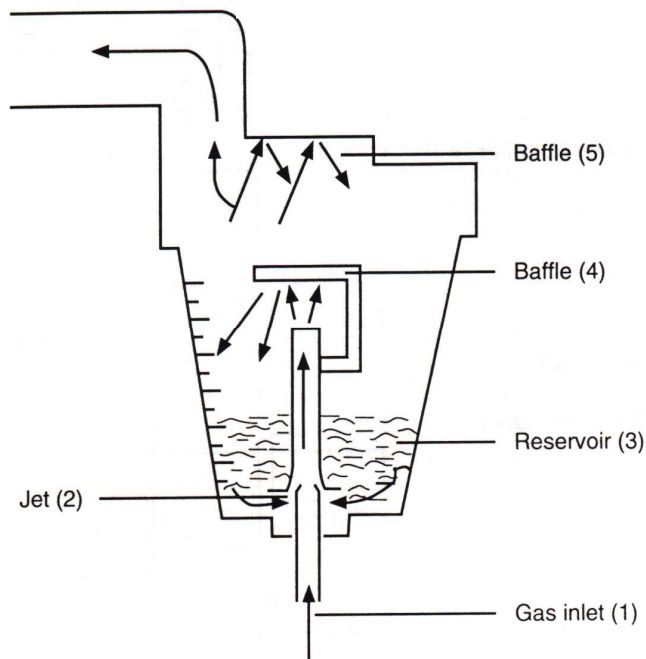
เป็นวิธีการให้ยาทาง jet nebulizer ที่ใช้บ่อยในผู้ป่วยเด็กโดยเฉพาะเด็กเล็ก โครงสร้างและส่วนประกอบของ small volume jet nebulizer จะคล้ายคลึงกันไม่ว่าจะผลิตมาจากบริษัทใด ความจุของ reservoir ประมาณ 10-15 มล. โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณของของเหลวที่ใช้ในการให้ nebulizer therapy แต่ละครั้งประมาณ 2-4 มล. ปริมาณของของเหลวที่เหลือค้างอยู่ใน reservoir และ tubing system ที่ต่อกับผู้ป่วย (dead volume) เมื่อสิ้นสุดการให้ aerosol therapy แต่ละครั้ง จะประมาณ 0.5-1.0 มล. ขึ้นอยู่กับ nebulizer ของแต่ละบริษัท ระหว่างการให้ nebulizer therapy แต่ละครั้ง ผู้ให้ควรจะทำกรเคาะบริเวณด้านข้างของกระเปาะใส่ยา (reservoir) บ่อยๆ เพื่อให้ ละอองยาที่เกาะอยู่ด้านข้างของกระเปาะยาดตกลงมาสู่ของเหลวข้างล่างให้มากที่สุด เพื่อให้ dead volume เหลือน้อยที่สุดเมื่อเสร็จสิ้นการให้ยา

ปริมาณยาที่ผู้ป่วยได้รับขึ้นอยู่กับ

1. ปริมาตรทั้งหมดของของเหลวที่มียาผสมอยู่
2. ความเข้มข้นของยาที่ผสมอยู่ในของเหลว
3. คุณสมบัติทางกายภาพของยา
4. อัตราการไหลของกาซ
5. ลักษณะการหายใจของผู้ป่วย
6. ลักษณะทางกายวิภาคของทางเดินหายใจของผู้ป่วย

หลักการทำงานของ small volume jet nebulizer (ดูภาพที่ 3 ประกอบ)

กาซที่ไหลด้วยความเร็วสูง จะผ่านเข้าสู่ตัว nebulizer ทาง gas inlet (1) ทำให้เกิด Bernoulli หรือ venturi effect ที่บริเวณปลายท่อ (Jet (2)) ของเหลวที่อยู่ใน reservoir (3) จะถูกดูดเข้ามาอยู่ในท่อและถูกพ่นออกเป็น aerosol particles ไปกระทบกับ baffle (4) aerosol particles ที่มีขนาดใหญ่จะตกลงมาสู่ reservoir ดั้งเดิม เหลือแต่ particles ขนาดเล็กแขวนลอยอยู่ในกาซ particles ที่มีขนาดใหญ่ส่วนหนึ่งจะกระทบกับผนังของ nebulizer ซึ่งทำหน้าที่เป็น baffle เช่นเดียวกัน (baffle (5)) ทำให้เหลือแต่ particles ที่มีขนาดเล็กตามที่ต้องการเข้าสู่ทางเดินหายใจของผู้ป่วย โดยทั่วไปแล้ว จะใช้กาซที่มีอัตราการไหลประมาณ 6-8 ลิตรต่อนาทีและใช้ ปริมาตรของของเหลวทั้งหมดประมาณ 2-4 มล. เพื่อให้ได้ aerosol particle ขนาดประมาณ 1-5 ไมครอน ซึ่งจะเข้าไปในทางเดินหายใจของผู้ป่วยได้ถึงระดับ terminal bronchioles และถุงลม มีผู้ ทำการศึกษาพบว่าปริมาณยาที่ผู้ป่วยได้รับโดยวิธีนี้จะประมาณร้อยละ 9-12 ของปริมาณยา ทั้งหมด ยาส่วนใหญ่จะตกค้างอยู่ในอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ nebulizer therapy หรือถูกหายใจ ออกมา



ภาพที่3 ไตอะแกรมแสดงส่วนประกอบและหลักการทำงานของ small volume jet nebulizer

ลำดับขั้นตอนของการให้ยาโดยใช้ small volume jet nebulizer

1. ผสมยาลงในกระเปาะใส่ยา (medication chamber) ในขนาดที่ถูกต้องเหมาะสมกับผู้ป่วย เช่น
 - salbutamol 0.05-0.15 มิลลิกรัม/กก. น้ำหนักตัว/ครั้ง ให้ได้ทุก 4-6 ชั่วโมง ขนาดสูงสุดไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/ครั้ง
 - terbutaline 0.2-0.3 มิลลิกรัม/กก. น้ำหนักตัว/ครั้ง ให้ได้ทุก 6-8 ชั่วโมง ขนาดสูงสุดไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/ครั้ง
 - ipratropium bromide 2.5-5 ไมโครกรัม/กก. น้ำหนักตัว/ครั้ง ให้ได้ทุก 4-6 ชั่วโมง ขนาดสูงสุดไม่เกิน 250 ไมโครกรัม/ครั้ง
2. เติมนormal saline ให้ได้ปริมาณรวมกับยาทั้งหมดประมาณ 4 มล.
3. ต่อกระเปาะพ่นยาเข้ากับหน้ากากพ่นยา (aerosol mask) ที่มีขนาดพอดีกับผู้ป่วยคือสามารถครอบปากและจมูกผู้ป่วยได้พอดีโดยไม่ครอบดวงตาของผู้ป่วย ในเด็กโตอาจใช้ mouth piece แทน aerosol mask โดยผู้ป่วยจะต้องใช้ nose clip หนีบจมูกในขณะที่ให้ nebulizer therapy ด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ยาถูกพ่นออกทางจมูก
4. ต่อกระเปาะพ่นยาเข้ากับแหล่งกำเนิดก๊าซ ซึ่งอาจจะเป็นกาซออกซิเจนหรืออากาศธรรมดาก็ได้ ควรใช้กาซออกซิเจนในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของระบบหายใจอยู่เดิม

ในเด็กเล็กหรือในผู้ป่วยที่กำลังอยู่ในภาวะหายใจลำบาก ควรให้อัตราการไหลของ
ก๊าซประมาณ 6-8 ลิตรต่อนาที ก๊าซที่ใช้ควรเป็นก๊าซแห้งที่ไม่ผ่านอุปกรณ์ทำความชื้น

5. ให้ผู้ป่วยอยู่ในท่านั่ง ครอบหน้ากากเข้ากับใบหน้าของผู้ป่วย ให้นำการครอบปาก
และจมูก โดยไม่ครอบถูกตาผู้ป่วย
6. ระหว่างให้ nebulizer therapy ควรจะคอยเคาะด้านหลังของกระเปาะใส่ยาเพื่อให้
ละอองยาตกลงมาสู่เบื้องล่างให้มากที่สุด พยายามกระแทกยามหุดหรือไม่มีฝอย
ละอองเกิดขึ้นอีก โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที
7. ตรวจร่างกายผู้ป่วยภายหลังการให้ nebulizer therapy โดยการตรวจนับการหายใจ
และชีพจร ฟังเสียงปอดและตรวจลักษณะการหายใจ เพื่อประเมินการตอบสนองของ
ผู้ป่วยต่อการให้ยาและภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้จากการให้ยา

ข้อดีของการให้ยาทาง small volume jet nebulizer

- ไม่ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ป่วยมากนัก ผู้ป่วยสามารถหายใจเข้าออก
ตามปกติ (tidal breathing)
- สามารถปรับขนาดและความเข้มข้นของยาได้ตามต้องการ

ข้อจำกัดของการให้ยาทาง small volume jet nebulizer

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ยามีขนาดใหญ่ ต้องมีแหล่งให้กำเนิดก๊าซที่มีอัตราไหล
สูง ไม่สะดวกในการพกพาไปในที่ต่างๆ เมื่อเทียบกับการให้ aerosol therapy
โดยวิธี pressurize MDI หรือ DPI
- ต้องใช้เวลาประมาณ 10-15 นาทีในการให้ยา ซึ่งอาจจะมีผลทำให้ผู้ป่วยไม่
ค่อยให้ความร่วมมือ โดยเฉพาะในเด็กเล็กที่อยู่นิ่งๆไม่ค่อยได้

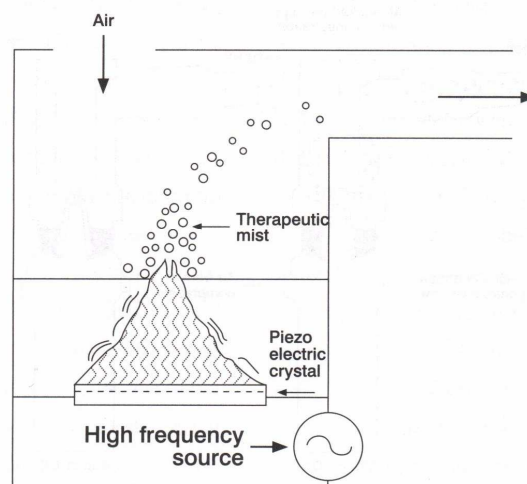
การให้ nebulizer therapy โดยใช้ ultrasonic nebulizer

หลักการ (ดูภาพที่ 4 ประกอบ)

Ultrasonic nebulizer ใช้หลักการของ piezoelectric effect กล่าวคือใช้พลังงานไฟฟ้าทำ
ให้แผ่น piezoelectric crystal เกิดการสั่นสะเทือนและก่อให้เกิดคลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งจะไปทำ
ให้ของเหลวเกิดการแตกตัวเป็น aerosol particles เล็กๆ เข้าสู่ทางเดินหายใจของผู้ป่วยต่อไป
ขนาดของ aerosol particles ขึ้นกับความถี่ของการสั่นสะเทือนและขึ้นกับความหนืดของของเหลว
ที่ใช้ การให้ nebulizer therapy โดยวิธีนี้ ไม่เหมาะที่จะใช้กับของเหลวที่อยู่ในรูปของสารแขวน
ลอย (suspension) เช่น steroid หรือ antibiotic respiratory solution เนื่องจากปริมาณยาที่
ผู้ป่วยได้รับจะน้อยมาก ผู้ป่วยจะได้รับน้ำหรือตัวทำละลายยาเป็นส่วนใหญ่

ข้อดีของการให้ ultrasonic nebulizer คือผู้ป่วยจะได้รับน้ำจำนวนมาก จึงเหมาะที่จะใช้ ในการกระตุ้นการขับเสมหะเพื่อเก็บเสมหะส่งตรวจ นอกจากนี้ เสียงที่เกิดจากการทำงานของ เครื่องไม่ดังมาก ให้ยาได้เร็วและปริมาณมาก และมีปริมาณยาเหลือใน reservoir เมื่อสิ้นสุดการ ให้ยาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการให้ยาโดยใช้ jet nebulizer ในปัจจุบัน มีการนำ small volume ultrasonic nebulizer มาใช้มากขึ้นในการให้ยาพ่นฝอยละอองในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ เนื่องจากมีข้อดีคือ ไม่ทำให้ผู้ป่วยได้รับ tidal volume มากขึ้นในขณะที่ให้ยาพ่นอย่างเช่นที่พบใน การให้ยาโดยใช้ jet nebulizer

ข้อจำกัดของ ultrasonic nebulizer คือราคาแพง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่า ความ ร้อนที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของ piezoelectric crystal อาจทำให้โครงสร้างทางเคมีของยา เปลี่ยนแปลงไปหรือเกิด denature ของโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของยา



ภาพที่ 4 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบและหลักการทำงานของ ultrasonic nebulizer

บรรณานุกรม

1. Kacmarek RM. Humidity and aerosol therapy. In: Pierson DJ, Kacmarek RM. Foundations of respiratory care. New York: Churchill Livingstone, 1992 : 793-824.
2. Everard ML, Le Souëf P. Aerosol therapy and delivery systems. In: Taussig LM, Landau LI. Pediatric respiratory medicine. St. Louis: Mosby, 1999 : 286-99.
3. Rau JL. Design principles of liquid nebulization devices currently in use. Respiratory care 2002; 47: 1275-8.