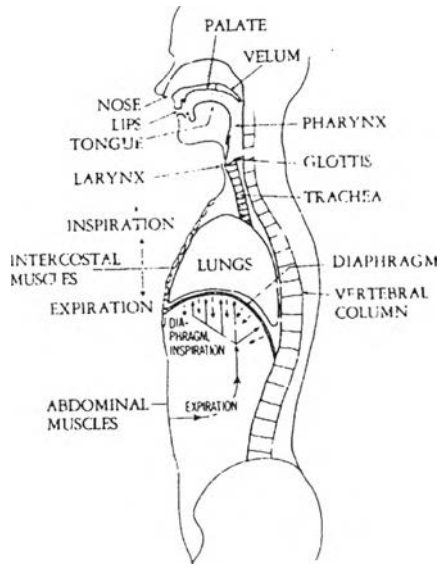
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งเป็น 6 หัวข้อดังนี้คือ 1) การเปล่งเสียงสระของผู้พูดปกติ 2) การพูดของผู้ไร้กล่องเสียง 3) แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงสระทางสรีรสัทศาสตร์และกลสัทศาสตร์ 4) งานวิจัยเกี่ยวกับเสียงสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดปกติ 5) งานวิจัยเกี่ยวกับเสียงสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหาร และ 6) งานวิจัยเกี่ยวกับการรับรู้เสียงสระที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียง

2.1 การเปล่งเสียงสระของผู้พูดปกติ

"Speaking is modified breathing" คำกล่าวของ Abercrombie (1967:24) เป็นคำจำกัดความที่ดีมากเมื่อกล่าวถึง เสียงพูด เนื่องจากเมื่อพิจารณาในแง่ของกระบวนการเกิดแล้ว เสียงพูด คือ ลมหายใจที่ถูกดัดแปลงไป การผลิตเสียงพูดของมนุษย์ (Speech production) นั้น นอกจากกระแสลม (airstream) ที่ถูกขับเคลื่อนจากแหล่งกำเนิดหลักคือปอดแล้ว ยังมีอวัยวะต่าง ๆ ที่ทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ ก่อให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น จนกระทั่งกระแสลมที่ถูกดัดแปลงนั้นออกมาทางช่องปากหรือช่องจมูก ปรากฏเป็นเสียงพูดที่เราได้ยิน



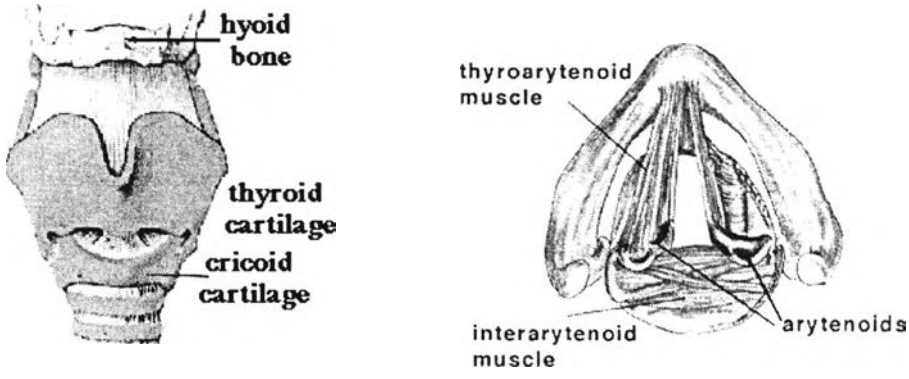
ภาพที่ 2.1 อวัยวะที่ใช้ในการผลิตเสียงพูด (Pickett, 1998:9)

อวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเสียงพูดนั้นต่างก็มีบทบาทสำคัญ หากพิจารณาตั้งแต่ต้นกำเนิด คือ กระแสลม ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการพูดนั้น ก็จะเริ่มจาก ปอด

(lungs) ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของพลังงานที่ทำให้เกิดเสียง จากนั้นก็จะเป็นหลอดลม (trachea) ซึ่งเป็นช่องทางเดินของลมจากปอดไปยังกล่องเสียง (larynx) ซึ่งอยู่ตอนบนสุดของหลอดลม **ในการเปล่งเสียงสระ จะใช้กระแสลมที่เกิดจากปอดและเป็นลมออก (egressive pulmonic airstream)**

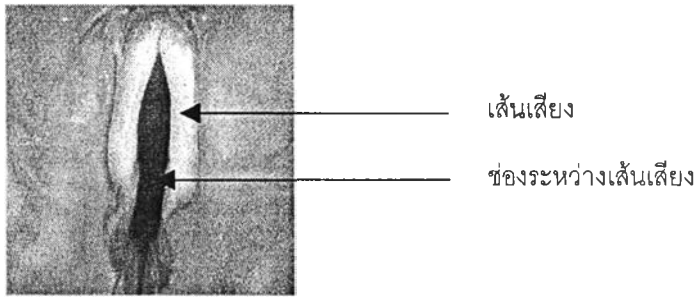
กล่องเสียงเป็นอวัยวะที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเปล่งเสียงพูด ประกอบด้วยกระดูกอ่อน และกล้ามเนื้อที่เชื่อมส่วนต่าง ๆ ของกล่องเสียง รวมถึงเนื้อเยื่อจำนวนมากด้วย ส่วนประกอบที่สำคัญของกล่องเสียงมีดังนี้คือ

1) Hyoid bone มีลักษณะเหมือนเกือกม้า อยู่ทางตอนบนสุดของกล่องเสียงและเป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อลิ้น
2) Thyroid cartilage มีลักษณะเหมือนโล่ อยู่ทางด้านหน้า ส่วนหนึ่งคือบริเวณที่เรียกว่าลูกกระเดือก
3) Cricoid cartilage มีลักษณะเหมือนวงแหวน เป็นกระดูกอ่อนที่เล็ก แต่หนาและแข็งแรงมาก อยู่ในระดับต่ำที่สุดของกล่องเสียง บนสุดของหลอดลม ทำหน้าที่เป็นฐานของกล่องเสียง
4) Arytenoid cartilages มีลักษณะเหมือนปิรามิด ประกอบด้วยกระดูกอ่อน 2 ชิ้น เป็นส่วนประกอบสำคัญในการเปิด-ปิดเส้นเสียงเนื่องจากมีกล้ามเนื้อที่ควบคุมคือ
    - Posterior crico-arytenoid muscles ควบคุมการเปิดของเส้นเสียง
    - Lateral crico-arytenoid muscles ควบคุมการปิดของเส้นเสียง



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของกล่องเสียง (Plant, www.voice-center.com)

ภายในกล่องเสียงจะมีอวัยวะที่ทำหน้าที่สำคัญมาก คือ เส้นเสียง (vocal cords หรือ true vocal folds) ซึ่งขวางอยู่ตรงกลาง และช่องระหว่างเส้นเสียง (glottis) เส้นเสียงมีลักษณะเป็นแผ่นของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อ เส้นเสียงจะเคลื่อนที่เข้าชิดกัน หรือแยกออกจากกันโดยการควบคุมของกล้ามเนื้อกล่องเสียง (laryngeal muscles)



ภาพที่ 2.3 เส้นเสียงและช่องระหว่างเส้นเสียง (Plant, www.voice-center.com)

Abercrombie (1967:26) ได้กล่าวว่าการดัดแปลงลมที่เส้นเสียง สามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะหลัก ดังนี้

1. Open glottis (Breath state) คือ สภาวะที่เส้นเสียงอยู่ห่างกัน ลมสามารถผ่านออกมาได้โดยสะดวก เป็นสภาวะของเส้นเสียงในขณะหายใจปกติ เป็นลักษณะของการออกเสียงประเภทอโฆษะ หรือเสียงไม่ก้อง (Voiceless)
2. Glottis in vibration (Voice state) คือ สภาวะที่เส้นเสียงอยู่ชิดกันและเปิดออกด้วยกระแสลมจากปอดหรือแรงดันลมใต้เส้นเสียง ซึ่งลมดังกล่าวจะเดินทางผ่านช่องว่างระหว่างเส้นเสียง ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวแบบปิด-เปิด-ปิด-เปิด การเคลื่อนไหวแบบนี้เป็นผลจาก Bernoulli effect ทำให้เส้นเสียงสั่น เกิดเป็นเสียงประเภทโฆษะ หรือเสียงก้อง (Voiced)
3. Narrowed glottis (Whisper state) คือ สภาวะที่เส้นเสียงเคลื่อนเข้าหากันแต่ไม่ชิดกันมากพอที่จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนได้ ทำให้กระแสลมที่ไหลผ่านออกมาเสียดสีกับช่องระหว่างเส้นเสียง เกิดเป็นเสียงกระซิบ (Whisper) ซึ่งเสียงกระซิบเป็นเสียงไม่ก้อง
4. Closed glottis คือ สภาวะที่เส้นเสียงติดกันสนิทจนลมไม่สามารถผ่านออกมาได้ สภาวะเส้นเสียงแบบนี้ก็คือเสียงกักที่เส้นเสียง (Glottal stop) จะไม่เป็นทั้งเสียงอโฆษะหรือโฆษะ

สภาวะปิด (Closed glottis)

สภาวะเปิด (Open glottis)

ภาพที่ 2.4 การทำงานของเส้นเสียง (Plant, www.voice-center.com)

ในการเปล่งเสียงสระ สภาวะของเส้นเสียงจะเป็นแบบที่ 2 คือ เป็นสภาวะที่เส้นเสียงอยู่ใกล้กันแล้วแยกออกจากกัน แรงดันลมจากปอดก่อให้เกิดการสั่นของเส้นเสียง **สระจึงเป็นเสียงประเภทโฆษะ หรือเสียงก้อง** (Voiced)

ความสัมพันธ์ของฐานและกรณ์ภายในช่องปากมี 4 ลักษณะดังนี้

1. Complete closure คือ ฐานและกรณ์ที่เข้ามาติดกันและแยกจากกันอย่างรวดเร็ว เสียงที่เกิดขึ้นเรียกว่า เสียงกัก หรือ เสียงระเบิด (Stop หรือ Plosive)
2. Close approximation คือ ฐานและกรณ์เข้ามาใกล้กันมาก ทำให้กระแสลมต้องเสียดแทรกออกมา เป็นเสียงที่เรียกว่า เสียงเสียดแทรก (Fricative)
3. Open approximation คือ ฐานและกรณ์อยู่ห่างกันพอสมควร ทำให้กระแสลมเคลื่อนที่ออกมาได้อย่างสะดวกไม่มีการเสียดแทรก เสียงที่เกิดจากความสัมพันธ์ของฐานกรณ์ลักษณะนี้เรียกว่า เสียงเปิด
4. Intermittent คือ ฐานและกรณ์เข้ามากระทบกัน ขณะที่ฐานและกรณ์เข้าชิดกัน หากกระทบกันหลายครั้งจะเกิดเป็นเสียงรัว และหากกระทบกันครั้งเดียวจะเป็นเสียงกระทบ (Trill และ Tap)

เมื่อออกเสียงสระทุกเสียง ความสัมพันธ์ของฐานกรณ์จะเป็นแบบที่ 3 ดังนั้น **สระทุกเสียงจึงเป็นเสียงเปิด (approximant)** เพราะในการออกเสียงสระ ฐานและกรณ์อยู่ห่างกันพอสมควร (open approximation) ทำให้กระแสลมเคลื่อนผ่านได้สะดวก

ลักษณะการเคลื่อนที่ของลิ้นในแนวนอน (Tongue advancement) และแนวตั้ง (Tongue height) รวมทั้งลักษณะของริมฝีปาก (Lip posture) ทำให้เสียงสระมีคุณสมบัติต่างกัน เช่น ภาษาไทย สระ /i:/ เป็นเสียงสระหน้า สูง ปากไม่ห่อ สระ /u:/ เป็นเสียงสระหลัง สูง ปากห่อ ส่วนสระ /a:/ เป็นเสียงสระกลาง ต่ำ ปากไม่ห่อ เป็นต้น

ในการออกเสียงสระหากไม่มีการกักกั้นของช่องทางเดินของเสียงระหว่างเพดานอ่อนกับผนังคอ กระแสลมจะผ่านออกไปทางช่องจมูก เกิดเป็นเสียงสระนาสิก (Nasal vowels) สระภาษาไทยจะไม่มีสระประเภทนี้เป็นหน่วยเสียง แต่อย่างไรก็ตามสระปกติ (Oral vowels) อาจเกิดการกลมกลืนเสียงกับพยัญชนะนาสิกที่มาข้างหน้าหรือตามหลัง ทำให้สระธรรมดากลายเป็นสระนาสิกได้

2.2 การพูดของผู้ไร้กล่องเสียง

การผ่าตัดกล่องเสียงสามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. การผ่าตัดกล่องเสียงออกบางส่วน (Partial laryngectomy) ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดแบบนี้จะยังคงพูดได้ แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพของเสียงก็ไม่เป็นปกติเหมือนเดิม คือ เสียงจะแหบ หรือเบากว่าปกติ แต่ก็ถือว่าสามารถพูดได้เนื่องจากยังมีส่วนของกล่องเสียงเหลืออยู่ เมื่อทำการผ่าตัดกล่องเสียงบางส่วนออกไปแล้ว เช่น เมื่อผ่าตัดเส้นเสียงข้างใดข้างหนึ่งออก แพทย์จะนำเนื้อเยื่อจากส่วนอื่นของร่างกายมาทำเป็นเส้นเสียงแทนให้ใหม่ แล้วเรียกว่า Neoglottis

2. การผ่าตัดกล่องเสียงออกทั้งหมด (Total laryngectomy) การผ่าตัดแบบนี้ผู้ป่วยจะไม่สามารถเปล่งเสียงได้เลย เนื่องจากกล่องเสียงถูกตัดออกทั้งหมด จึงไม่มีเส้นเสียง และทิศทางของการหายใจก็เปลี่ยนไป[1]

การผ่าตัดประเภทที่ 2 คือ การผ่าตัดกล่องเสียงออกทั้งหมด ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดแบบนี้จะไม่สามารถหายใจแบบปกติได้ เนื่องจากว่าไม่มีอวัยวะเชื่อมระหว่างหลอดลมกับช่องคอและช่องปาก ดังนั้นจึงต้องมีการผ่าตัดให้ตอนบนของหลอดลมซึ่งเคยเชื่อมกับกล่องเสียงโค้งลงมาที่ผนังคอด้านหน้า แล้วเจาะรูสำหรับหายใจเอาลมเข้าสู่ปอดและออกจากปอด ผู้ไร้กล่องเสียงทุกคนจึงมีรูที่คอเพื่อหายใจเข้า-ออก และในการช่วยให้ผู้ไร้กล่องเสียงเหล่านี้พูดได้อีกครั้งหนึ่ง (voice rehabilitation) สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้ (ดูภาพที่ 2.5 ประกอบ)

1. การพูดโดยใช้เครื่องช่วยพูด หรือกล่องเสียงเทียม (Artificial larynx)
2. การพูดโดยใช้หลอดอาหาร (Esophageal speech)
3. การพูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหาร (Tracheoesophageal speech)

---

[1] ในงานวิจัยนี้ ใช้ผู้ให้ข้อมูลภาษาเป็นผู้ไร้กล่องเสียงที่ผ่าตัดกล่องเสียงออกทั้งหมด

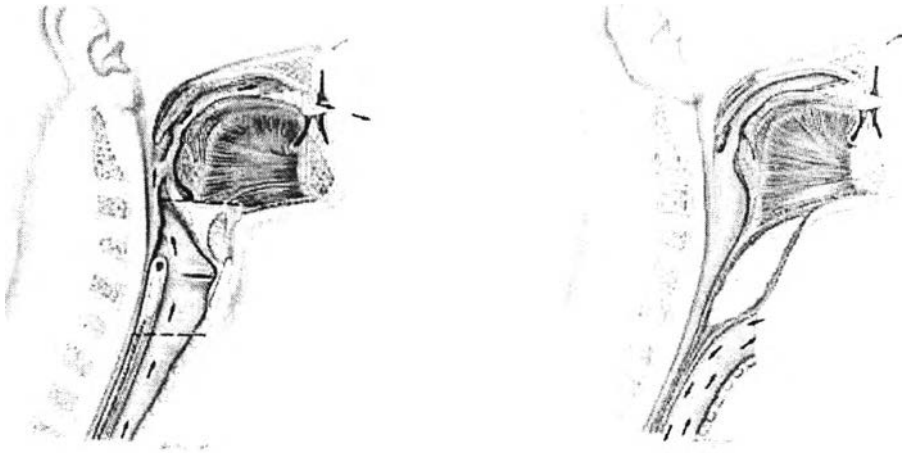
Laryngectomy

Partial laryngectomy

Neoglottis

Total laryngectomy

- Artificial larynx
- Esophageal
- Tracheoesophageal



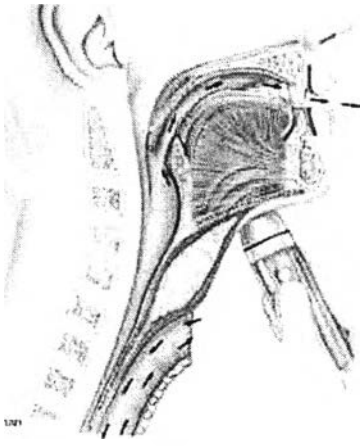
ภาพที่ 2.5 ทางเดินของลมหายใจก่อนผ่าตัด (ภาพซ้าย) และหลังผ่าตัด (ภาพขวา)

(Grolman, www. origin8.nl/medical)

การพูดโดยใช้เครื่องช่วยพูด หรือกล่องเสียงเทียม

การพูดโดยใช้เครื่องช่วยพูด หลักการก็คือใช้เครื่องมือสร้างแรงสั่นสะเทือนแทนเส้นเสียง เครื่องช่วยพูดหรือกล่องเสียงเทียม มี 2 แบบ คือ

1. เครื่องช่วยพูดแบบอิเล็กทรอนิก (Electro-larynx) มีรูปร่างคล้ายกระบอกไฟฉาย ใช้แบตเตอรี่ ผู้พูดต้องเปิดเครื่องก่อน เมื่อเปล่งเสียง บริเวณที่เป็นvibratorจะสั่นสะเทือน ใช้แตะไว้ที่ลำคอบริเวณที่ผิวเนื้อเรียบหรือมีรอยแผลเป็นขรุขระน้อยที่สุด ให้ปลายเครื่องส่วนที่มีการสั่นสะเทือนแนบสนิทกับผิวเนื้อ ขณะที่พูดต้องกดปุ่มให้เครื่องมีการสั่นสะเทือน (ดูภาพที่ 2.6)
2. เครื่องช่วยพูดที่ใช้ลมจากปอด (Pneumatic artificial larynx) เครื่องช่วยพูดชนิดนี้ผู้ป่วยต้องอมปลายข้างหนึ่งของเครื่องไว้ในปากและครอบปลายอีกข้างหนึ่งไว้ที่รูคอ เมื่อลมออกจากปอดแล้วผ่านรูที่คอไปเข้าเครื่องซึ่งมีลิ้น (Reed) เครื่องก็จะทำหน้าที่สั่นสะเทือนแทนเส้นเสียง ลมผ่านเข้าไปในปากเมื่อเกิดการเคลื่อนไหวของฐานกรณ์ก็ทำให้เกิดเสียงพูด



ภาพที่ 2.6 การพูดโดยใช้เครื่องช่วยพูด (Artificial Larynx)

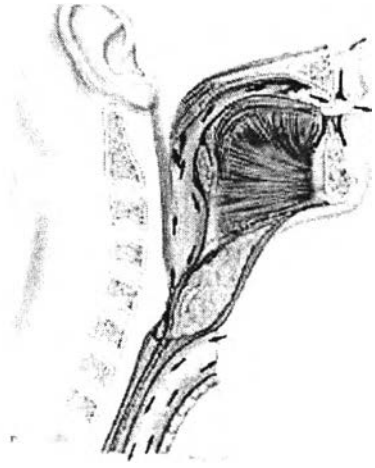
(Grolman, www. origin8.nl/medical)

การพูดโดยใช้หลอดอาหาร (Esophageal speech)

วิธีการพูดโดยใช้หลอดอาหารนี้ใช้การกักลมไว้ในช่องปากและช่องจมูกแล้วดันลมให้เข้าสู่หลอดอาหารตอนบน ลมจะเข้าไปลึกประมาณ 1/3 ของหลอดอาหาร แล้วลมจะถูกดันกลับมาออกมาที่ส่วนต้นของหลอดอาหาร จากการเคลื่อนเข้าหากันของกล้ามเนื้อ Cricopharyngeal sphincter ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนบริเวณ Pharyngo-esophageal segment (P-E segment) และเมื่อลมจากหลอดอาหารผ่านการดัดแปลงภายในช่องปาก ก็จะเกิดเป็นเสียงพูดออกมา (ดูภาพที่ 2.7)

หลักการสำคัญในการพูดโดยใช้หลอดอาหารมี 3 หลักการดังนี้ (รจนา , 2537)

1. เป็นการกักลมโดยใช้ลิ้นแตะกับเพดานปากให้แน่นแล้วค่อย ๆ เคลื่อนลิ้นถอยไปข้างหลัง จากนั้นกล้ามเนื้อบริเวณที่ต่อกันระหว่างหลอดอาหารและลำคอจะบีบตัวดันลมให้กลับออกมาทางช่องปาก ก็จะสามารถเปล่งเสียงได้
2. เป็นการกักลมโดยอาศัยหลักการหายใจของคนปกติ โดยให้ผู้ป่วยหายใจเข้าทางปากพร้อมกับกักให้ลมเข้าสู่หลอดอาหาร และเปล่งเสียงพูดขณะหายใจออกที่รูคอ นั่นคือใช้หลักความแตกต่างระหว่างความดันอากาศภายในและภายนอกร่างกาย ลมที่ผ่านจากช่องปากไปสู่หลอดอาหารจะมีความดันเท่ากับลมที่อยู่ภายนอก
3. เป็นการกักลมโดยใช้หลักการเดียวกับการกลืนอาหาร ผู้ป่วยต้องอ้าปากให้กว้างแล้วหุบปากเพื่อกักลมไว้ในช่องปากก่อนแล้วจึงกลืนลมลงไปคล้ายกับการกลืนอาหาร และรอจังหวะการเรอเพื่อจะพูด ขณะที่เรอ วิธีนี้ค่อนข้างง่าย แต่ได้เสียงที่ไม่ค่อยมีคุณภาพ เนื่องจากกักลมได้น้อย



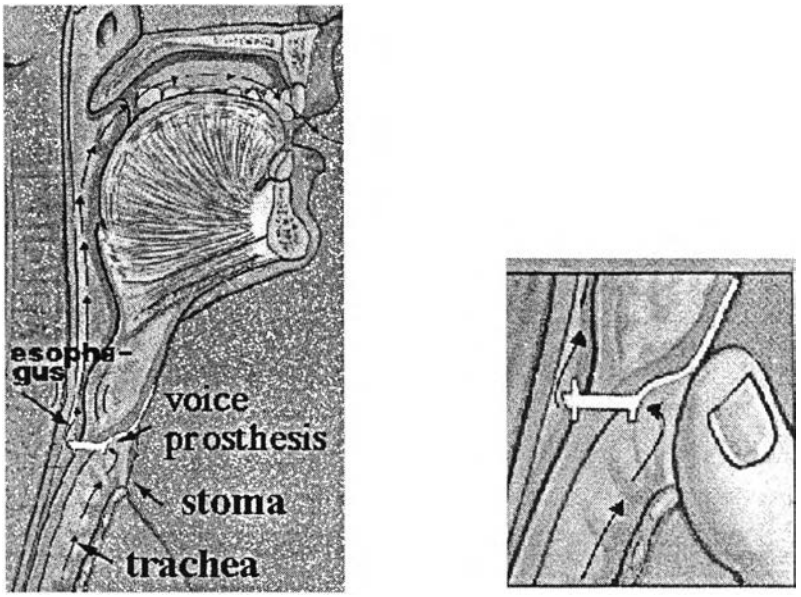
ภาพที่ 2.7 การพูดโดยใช้หลอดอาหาร (Esophageal Speech)

(Grolman, www. origin8.nl/medical)

การพูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหาร (Tracheoesophageal speech)

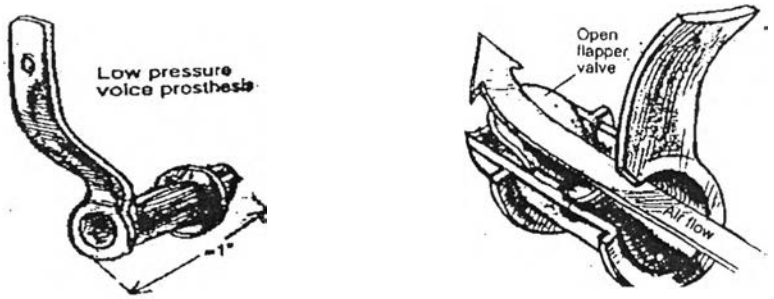
มีการผ่าตัดกล่องเสียงเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1873 แต่การฝึกพูดจะเป็นแบบพูดโดยใช้หลอดลม และเครื่องช่วยพูด ในปี ค.ศ. 1931 ได้เริ่มมีการฝึกพูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหาร และได้รับการพัฒนาเรื่อยมา จนกระทั่งเป็นที่นิยมอย่างมากในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา

Blom และ Singer ได้ผลิตหลอดสำหรับเชื่อมหลอดลมและหลอดอาหาร เรียกว่า หลอดส่งกระแสลม (Voice prosthesis) แพทย์ต้องผ่าตัดใส่ท่อเพื่อเชื่อมหลอดลมกับหลอดอาหาร ให้มีทางเดินลมระหว่างกันให้กับผู้ไร้กล่องเสียง เมื่อต้องการจะพูด ผู้ไร้กล่องเสียงจะหายใจเข้าแล้วใช้นิ้วมือปิดรูที่คอเพื่อกักลมให้อยู่ในปอด จากนั้นหายใจออก ลมจะถูกดันจากปอดผ่านมาตามหลอดลม ลมส่วนหนึ่งผ่านหลอดส่งกระแสลมเข้าสู่หลอดอาหารส่วนต้น ลมที่ผ่านเข้าสู่หลอดอาหารจะทำให้กล้ามเนื้อ Cricropharyngeal sphincter ซึ่งอยู่ทางตอนบนของหลอดอาหารบีบตัว ส่งผลให้บริเวณ P-E Segment สั่นสะเทือน เมื่อลมผ่านช่องปากและเกิดการดัดแปลงลมภายในช่องปาก จะทำให้เกิดเป็นเสียงพูดแบบคนปกติ (ดูภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 ทางเดินของกระแสลมจากปอดสู่ช่องทางเดินเสียงในผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหาร (Plant, www.voice-center.com)

หลอดส่งกระแสลม มีลักษณะคล้ายหลอดหรือท่อ หล่อด้วยซิลิโคน ข้างหนึ่งเปิด ส่วนอีกข้างหนึ่งจะมีลักษณะเป็นลิ้นสามารถเปิดได้เมื่อลมผ่านขณะพูด สำหรับหลอดส่งกระแสลมที่ผลิตในต่างประเทศจะมีความยาวประมาณ 1 นิ้วและปิดได้เมื่อไม่มีการเปล่งเสียง ด้านที่เปิดจะมีแผ่นซิลิโคนยื่นออกมาภายนอกสำหรับยึดติดกับด้านนอกรูคอ เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาด ปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตหลอดส่งกระแสลมใช้ได้เอง ซึ่งช่วยให้ราคาถูกกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศมาก โดยขนาดของหลอดส่งกระแสลมที่ผลิตในประเทศไทยจะเล็กกว่าที่ผลิตในต่างประเทศ เนื่องด้วยสรีระที่แตกต่างกันนั่นเอง



ภาพที่ 2.9 ลักษณะการทำงานของหลอดส่งกระแสลม (Voice prosthesis)

อย่างไรก็ตาม ผู้ไร้กล่องเสียงจะเลือกการฝึกพูดโดยวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ไร้กล่องเสียงแต่ละคน หากเป็นการพูดโดยใช้หลอดอาหาร ไม่ต้องลงทุนค่าอุปกรณ์ใด ๆ แต่วิธีการฝึกค่อนข้างยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเริ่มต้นฝึกใหม่ ๆ ยิ่งถ้าผู้ป่วยมีอายุมากก็จะยิ่งฝึกยากขึ้น ทำให้หมดกำลังใจ ทำให้การฝึกไม่ได้ผล ผู้ไร้กล่องเสียงที่ฝึกพูดโดยใช้หลอดอาหาร

จะใช้เวลาประมาณ 8 เดือนถึง 1 ปีจึงจะสามารถพูดได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับความสม่ำเสมอและความตั้งใจในการฝึก รวมทั้งโอกาสที่จะได้ฝึกซ้อมเพิ่มเติมด้วยการพูดกับคนรอบข้างด้วย

ในขณะที่การพูดโดยใช้เครื่องช่วยพูดเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ไม่มีเวลาฝึกพูด แต่มีกำสังทรัพย์มากพอที่จะซื้ออุปกรณ์ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง นอกจากนี้ต้องไม่มีแผลเป็นหรือแผลชอนทะลุเป็นรูที่คอเพราะจะทำให้กักลมไว้ในช่องคอได้ไม่ดี ยิ่งกว่านั้นเสียงที่ได้จะมีลักษณะเป็น monotone ซึ่งไม่เหมาะกับภาษาที่มีวรรณยุกต์เช่น ภาษาไทย

ส่วนการพูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหาร ซึ่งต้องมีการผ่าตัดใส่หลอดส่งกระแสลม จะต้องขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของแพทย์ผู้ทำการผ่าตัดด้วย เช่น เรื่องอายุของผู้ป่วย ลักษณะของการผ่าตัด ฯลฯ แต่การฝึกพูดค่อนข้างง่าย ใช้เวลาไม่นานนัก และราคาของหลอดส่งกระแสลมที่ผลิตในประเทศไทยก็ไม่สูง ผู้ป่วยสามารถกลับมาสื่อสารใหม่ได้อีกครั้งในเวลาอันรวดเร็ว ที่สำคัญที่สุดจากผลงานวิจัยที่ทดสอบการพูดของผู้ไร้กล่องเสียงประเภทต่างๆ ปรากฏว่าการพูดด้วยวิธีนี้จะได้คุณภาพของเสียงดีกว่าวิธีอื่น (Debruyne et al, 1994)

2.3 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงสระในด้านสรีรสัทศาสตร์และกลสัทศาสตร์

ในทางสรีรสัทศาสตร์ (Articulatory phonetics) เสียงสระเกิดจากการที่กระแสลมเดินทางจากปอดสู่หลอดลม ผ่านช่องระหว่างเส้นเสียง (glottis) ทำให้เกิดการสั่นของเส้นเสียง จากนั้นลมจะผ่านออกมาทางช่องปาก (oral cavity) โดยไม่มีการกักกั้น ในการออกเสียงสระ ช่องทางเดินเสียง (vocal tract) จะเปลี่ยนรูปไปตามการทำงานของอวัยวะภายในช่องคอและช่องปากเป็นสำคัญ

องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เสียงสระต่างกันออกไปก็คือ รูปร่างของอวัยวะภายในช่องปากขณะออกเสียง และรูปร่างที่แตกต่างกันนี้ก็จะมีผลต่อการกำทอน (Resonance) ทำให้คุณสมบัติของสระ (Vowel quality) เปลี่ยนแปลงไป (Abercrombie, 1967)

Ladefoged (1975: 169) อธิบายลักษณะการกำทอนของเสียงสระว่า เกิดจากกระแสลมภายในช่องทางเดินเสียงสั่นด้วยความถี่ที่ต่างกันในเวลาเดียวกัน โดยที่ความถี่กำทอนที่เกิดขึ้นจะเป็นความถี่เฉพาะของรูปร่างของช่องทางเดินเสียงลักษณะหนึ่งเท่านั้น และสระแต่ละเสียงก็มีคุณลักษณะทางการได้ยิน (auditory) ต่างกัน ซึ่งเกิดจากแรงดันลมในช่องทางเดินเสียงที่มีค่าความถี่ต่างกัน Essner (1947) ได้สร้างทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 และ 2 พร้อมกับแผนภูมิแสดงเสียงสระ ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาขึ้นอีกขั้นหนึ่งโดย Joos (1948) ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน Potter & Peterson (1948) ได้นำความรู้ดังกล่าวไปใช้ในการพัฒนาเครื่อง

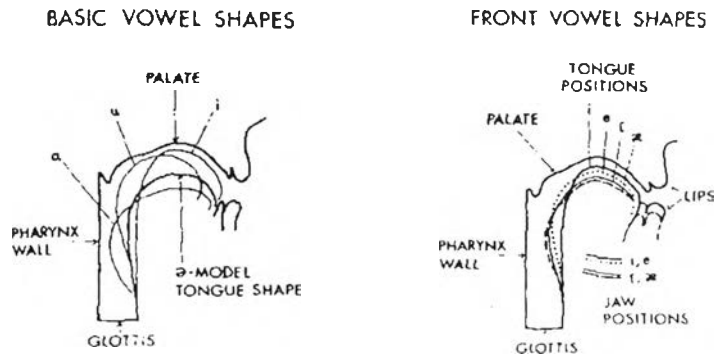
แสดงแผ่นภาพคลื่นเสียง (Sound spectrograph) เพื่อใช้วิเคราะห์ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของเสียงสระและอื่น ๆ

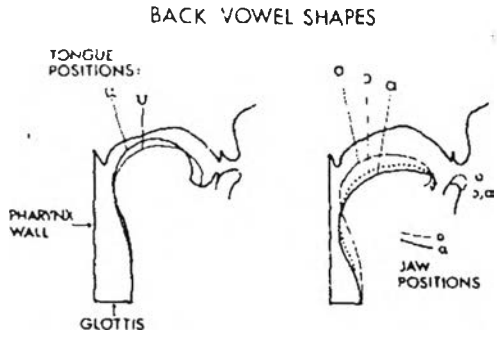
เมื่อมีการใช้เครื่องมือดังกล่าวมาวิเคราะห์เสียงสระจำนวนมาก ก็พบว่าเสียงสระที่ได้ยินว่าเป็นเสียงสระที่มีคุณสมบัติเหมือนกันไม่จำเป็นจะต้องมีลักษณะทางกลสัทศาสตร์เหมือนกันเสมอไป ทำให้ Peterson ได้ทำการศึกษาอย่างลึกซึ้งขึ้นไปอีก ในปี 1952 เขาได้ทำการศึกษา "The Production and Perception of American English Vowels" และผลการศึกษานี้ได้เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง และได้รับการอ้างถึงอยู่เสมอในการวิจัยเสียงสระในยุคต่อมา

เมื่อทำการศึกษาเสียงสระทางกลสัทศาสตร์ จะพบว่าเสียงสระเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เป็นจังหวะ (Periodic waveform) มีลักษณะเป็นคลื่นเสียงที่แสดงความถี่กำทอนชัดเจน (Well-defined formants) บนแผ่นภาพคลื่นเสียง (Sound spectrogram)

ในทางกลสัทศาสตร์ เราอธิบายคุณสมบัติของเสียงสระด้วย ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ (Formant frequency) ซึ่งหมายถึง ค่าความถี่กำทอน (Resonant frequency) ในช่องทางเดินเสียง ที่มีลักษณะและขนาดของช่องกำทอนเป็นตัวกำหนด อันเป็นผลมาจาก

1. ความยาวของช่องทางเดินเสียง ซึ่งเริ่มตั้งแต่ช่องระหว่างเส้นเสียง จนถึงริมฝีปาก
2. ตำแหน่งของการคอดตัว (Location of the constriction) ของลิ้นกับเพดานแข็ง เพดานอ่อน หรือผนังคอ เช่น สระหน้า ลิ้นส่วนหน้าจะเคลื่อนที่เข้ามาหาเพดานแข็ง ในขณะที่สระหลังจะเป็นลิ้นส่วนหลังเคลื่อนที่เข้ามาหาเพดานอ่อน
3. ความกว้างแคบในการคอดตัว (Degree of narrowness of the constrictions) ของลิ้นกับเพดานแข็ง เพดานอ่อน หรือผนังคอ เช่น สระ /i,e,ɛ/ ระดับของความกว้างแคบที่ลิ้นเคลื่อนที่เข้ามาหาเพดานแข็งก็จะลดหลั่นกันไป โดยที่สระ /i/ จะแคบที่สุด และสระ /ɛ/ จะกว้างที่สุด

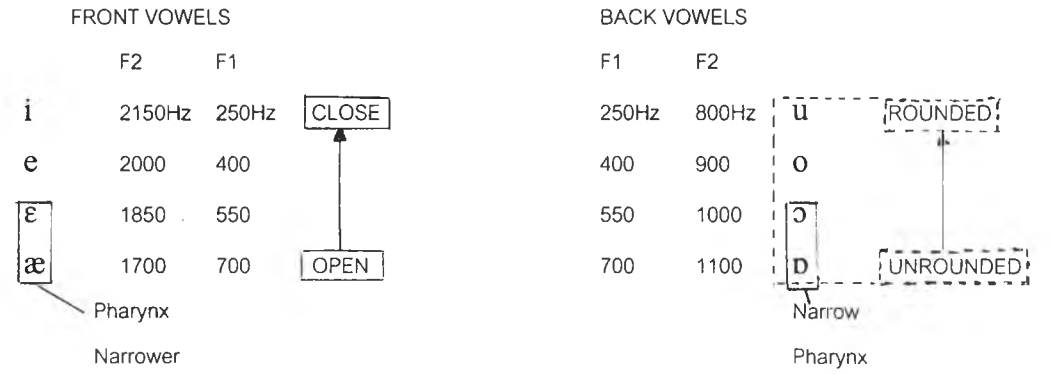




ภาพที่ 2.10 รูปร่างของช่องทางเดินเสียงของสระหน้าและสระหลัง (Pickett, 1998: 41)

จากลักษณะ 3 ประการที่กล่าวข้างต้น ทำให้เกิดเป็นกฎความสัมพันธ์ของการออกเสียงสระและลักษณะทางกลสัทศาสตร์ของเสียงสระ ดังนี้

1. กฎความยาวของช่องทางเดินเสียง (Length Rule) : ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของเสียงสระจะมีสัดส่วนตรงข้ามกับความยาวของช่องทางเดินเสียง คือ หากช่องทางเดินเสียงยาวค่าความถี่ฟอร์เมินท์ทุกค่าจะต่ำ ในขณะที่หากช่องทางเสียงของเสียงสั้นค่าความถี่ฟอร์เมินท์ทุกค่าก็จะสูง
2. กฎสภาพการคอดตัวในช่องปาก (Oral Constriction Rule) : ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 จะต่ำลง หากส่วนหน้าของช่องปาก (oral tract) ในช่องทางเดินเสียง คือ หากเกิดการคอดตัวบริเวณระหว่างลิ้นส่วนหน้าและบริเวณเพดานแข็ง
3. กฎสภาพการคอดตัวในช่องคอ (Pharyngeal Constriction Rule) : ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 จะสูงขึ้น หากเกิดการคอดตัวบริเวณระหว่างโคนลิ้นกับผนังคอ
4. กฎสภาพการคอดตัวตรงลิ้นส่วนหลัง (Back Tongue Constriction Rule) : ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 จะต่ำลง หากเกิดการคอดตัวบริวณระหว่างลิ้นส่วนหลังกับเพดานอ่อน
5. กฎสภาพการคอดตัวตรงลิ้นส่วนหน้า (Front Tongue Constriction Rule) : ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 จะสูงขึ้น หากเกิดการคอดตัวบริเวณระหว่างลิ้นส่วนหน้ากับเพดานแข็ง
6. กฎการห่อริมฝีปาก (Lip-Rounding Rule) : ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ทุกค่าจะต่ำลงหากห่อริมฝีปาก โดยเฉพาะเมื่อออกเสียงสระหลัง



CENTRAL VOWELS

	F1	F2	F3
ʌ	600Hz	1200Hz	2500Hz
ɜ	500	1300	1600
ə	500	1500	2500

ภาพที่ 2.11 Model ของค่าความถี่ฟอร์เมินท์ (Pickett, 1998: 44)

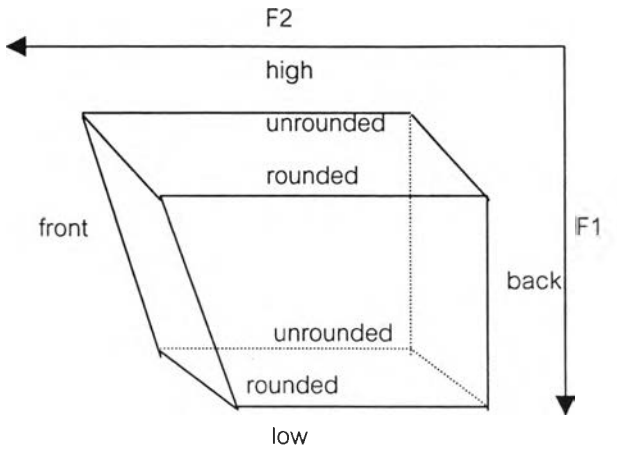
ที่กล่าวมาทั้งหมด จะได้ความสัมพันธ์ของลักษณะทางสรีรสัทศาสตร์และลักษณะทางกลสัทศาสตร์ของเสียงสระ ดังนี้ คือ

ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 (F1) จะลดลง ถ้าบริเวณช่องทางเดินเสียงส่วนหน้าแคบลง คือ ลิ้นจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและยกสูงขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะของสระสูง (High vowels) และค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 จะสูงขึ้นถ้าบริเวณช่องทางเดินเสียงส่วนหลัง ระหว่างโคนลิ้นกับผนังคอแคบลง ซึ่งเป็นลักษณะของสระต่ำ (Low vowels)

ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 (F2) จะสูงขึ้น ถ้าช่องทางเดินเสียงส่วนหน้าแคบลง เป็นลักษณะของสระหน้า (Front vowels) และค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 จะลดลงหากช่องทางเดินเสียงส่วนหลังแคบลง

ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของเสียงสระจะมีค่าตรงข้ามกับความยาวของช่องทางเดินเสียง คือ ถ้าช่องทางเดินเสียงยาว ค่าความถี่ฟอร์เมินท์จะต่ำ

จากความสัมพันธ์ของสรีรสัทศาสตร์และกลสัทศาสตร์ของเสียงสระที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถอธิบายได้ดังแผนภูมิในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอวัยวะในการออกเสียงสระและค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของเสียงสระ (Ladefoged, 1971:72)

จะเห็นได้ว่าในการวิเคราะห์และอธิบายเสียงสระนั้น สามารถอธิบายโดยใช้แนวสรีรสัทศาสตร์ คือ อธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของลิ้นในแนวตั้ง การเคลื่อนที่ของลิ้นในแนวนอน และรูปร่างของริมฝีปาก ซึ่งเป็นเหตุให้สระแต่ละเสียงมีคุณสมบัติต่างกัน เมื่อนำหลักเกณฑ์ดังกล่าวมาอธิบายเสียงสระพบว่า เสียงสระที่มีคุณสมบัติเหมือนกันทางสรีรสัทศาสตร์ ไม่จำเป็นต้องมีลักษณะทางกลสัทศาสตร์เหมือนกันเสมอไป ดังนั้นการใช้กลสัทศาสตร์จะช่วยให้สามารถอธิบายคุณสมบัติของเสียงสระแต่ละเสียงได้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังภาพที่ 2.12 [2]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเสียงสระของผู้พูดปกติ

งานวิจัยที่ถือได้ว่าเป็นต้นแบบของการวิเคราะห์เสียงสระ คือ Peterson และ Barney (1952) งานชิ้นนี้เป็นการวิเคราะห์เสียงสระเพื่อหาค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 โดยใช้ผู้บอกภาษาทั้งสิ้น 76 คน แบ่งเป็นเพศชาย 33 คน เพศหญิง 28 คนและเด็ก 15 คน ผู้บอกภาษาออกเสียงสระทั้งสิ้น 10 เสียงในคำตัวอย่างที่มีกรอบ h_d ได้แก่ heed, hid, head, had, hod, hawed, hood, who'd, hud และ heard จากนั้นให้ผู้บอกภาษาแต่ละคนอ่านคำละ 2 ครั้ง ดังนั้นจะได้คำทดสอบทั้งสิ้น 1,520 คำสำหรับนำมาวิเคราะห์ ดูผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2.1

---

[2] ดูการศึกษาเสียงสระทั้งทางสรีรสัทศาสตร์และกลสัทศาสตร์เพิ่มเติมได้ใน Ladefoged (1967); Robinson (1617), Wallis (1653), Brightland (1711), Willis (1829), Wheatstone (1837), Bell (1879), Lloyd (1891), D.Jone (1917), Paget (1923), Crandall (1925), S.Jone (1929) และ Fletcher (1929)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของเสียงสระภาษาอังกฤษแบบอเมริกัน (Peterson & Barny,1952)

		i	ɪ	ɛ	æ	ɑ	ɔ	ʊ	u	ʌ	ə
F1	M	270	390	530	660	730	570	440	300	640	490
	W	310	430	610	860	850	590	470	370	760	500
	Ch	370	530	690	1010	1030	680	560	430	850	560
F2	M	2290	1990	1840	1720	1090	840	1020	870	1190	1350
	W	2790	2480	2330	2050	1220	920	1160	950	1400	1640
	Ch	3200	2730	2610	2320	1370	1060	1410	1170	1590	1820
F3	M	3010	2550	2480	2410	2440	2410	2240	2240	2390	1690
	W	3310	3070	2990	2850	2810	2710	2680	2670	2780	1960
	Ch	3730	3600	3570	3320	3170	3180	3310	3260	3360	2160

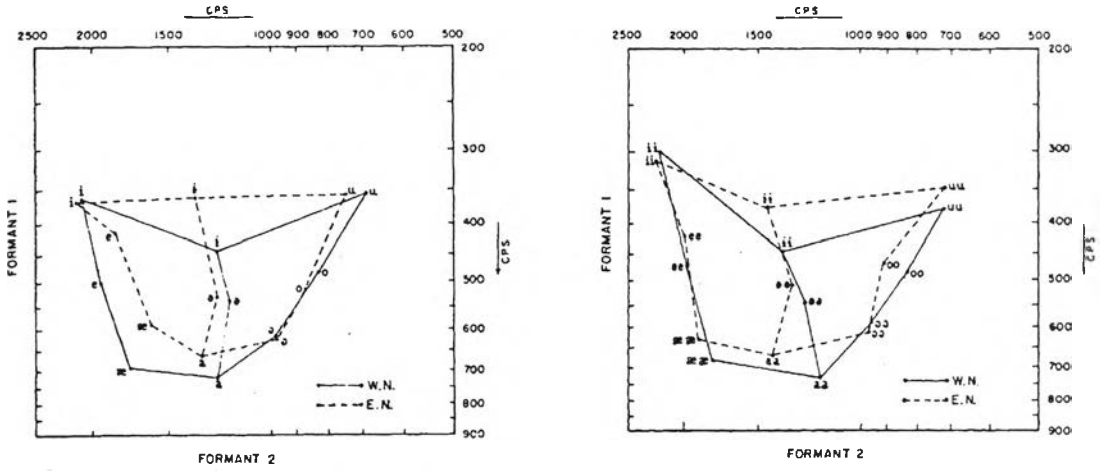
M=men W=women Ch =children

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของผู้บอกภาษาทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกัน โดยที่ความถี่ฟอร์เมินท์ของเพศหญิงสูงกว่าของเพศชายประมาณร้อยละ 10 - 20 ส่วนของเด็กก็สูงกว่าของเพศหญิงขึ้นไปอีก สาเหตุดังกล่าวเนื่องมาจากขนาดของช่องกำทอนที่ต่างกัน หากขนาดช่องกำทอนเล็กค่าความถี่ฟอร์เมินท์ก็จะสูงขึ้น

จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 และค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 ที่ได้มาแสดงลงใน Vowel chart เพื่ออธิบายการออกเสียงสระในเรื่องความสูงและตำแหน่งตามแนวนอนของลิ้น คือ ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 แสดงถึงตำแหน่งของลิ้นในลักษณะการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า-ข้างหลัง ส่วนแนวตั้ง คือ ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 จะแสดงตำแหน่งสูง-ต่ำของลิ้นและการห่อ-ไม่ห่อปาก ทำให้เกิดความสัมพันธ์ของค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 กับความสูง-ต่ำของสระ คือถ้าค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 ต่ำก็จะเป็นลักษณะของสระสูง ส่วนค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 จะสัมพันธ์กับความหน้า-หลัง โดยที่ถ้าค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 สูงจะเป็นลักษณะของสระหน้า ฯลฯ งานวิจัยของ Peterson และ Barney (1952) เป็นงานวิจัยต้นแบบของการศึกษาเสียงสระในภาษาอื่น ๆ ต่อมา

Abramson (1962) ได้ทำการศึกษาสระและวรรณยุกย์ในภาษาไทยมาตรฐานในเชิงกลสัทศาสตร์และสัทศาสตร์ทดลอง (Experimental phonetics) ในการศึกษาเสียงสระใช้ผู้บอกภาษาเพศชาย 2 คน วิเคราะห์โดยใช้แผ่นภาพคลื่นเสียง เพื่อวัดค่าความถี่ฟอร์เมินท์ โดยใช้

รายการคำที่มีโครงสร้างพยางค์แบบ ?V? และ ?V:ø เนื่องจากต้องการเสียงสระแท้ที่ไม่มีอิทธิพลของเสียงพยัญชนะต้นหรือพยัญชนะท้าย ดังนั้นในรายการคำสำหรับสระยาวมีวรรณยุกต์ครบทั้ง 5 เสียง สำหรับสระสั้นมีวรรณยุกต์ 2 เสียงคือ วรรณยุกต์เอกและวรรณยุกต์ตรี ในการวัดค่าความถี่ฟอร์เมินท์ วัดที่จุดกึ่งกลางของระยะเวลา (Duration) ซึ่งเป็นจุดที่เรียกว่า steady-state เมื่อได้ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ทั้ง 3 ค่า คือ F1-F2-F3 เรียบร้อยแล้ว ก็แสดงผลที่ได้ลงใน Vowel chart (ดูภาพที่ 2.13)



ภาพที่ 2.13 พื้นที่สระสั้นและสระยาวที่ออกเสียงโดยผู้พูดปกติจำนวน 2 คน
(Abramson, 1962: 76-77)

ผลที่ได้ในส่วนของคุณสมบัติของเสียงสระ แสดงให้เห็นว่าในการจำแนกเสียงสระภาษาไทยนั้น ลักษณะทางกลสัทศาสตร์ที่สำคัญคือค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 และค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 และในส่วนของค่าระยะเวลาของเสียงสระ แสดงให้เห็นว่าสระยาวจะมีค่าระยะเวลายาวเป็น 2 เท่าถึง 3.5 เท่าของสระสั้น

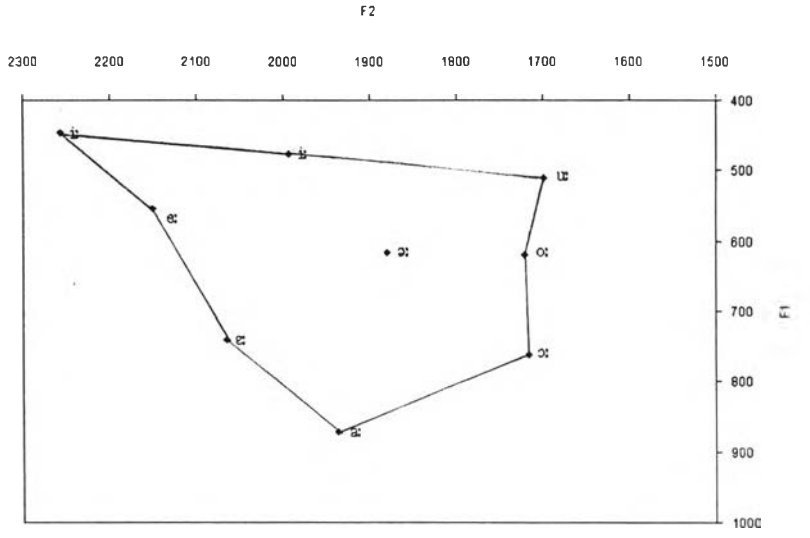
นอกจากนี้ยังทำการทดสอบการรับรู้คุณสมบัติของเสียงสระ (Perception of vowel qualities) โดยการสังเคราะห์เสียง Abramson (1962) ได้นำเสียงสระมาทำการสังเคราะห์ (synthesize) ในส่วนของคุณสมบัติของเสียงสระ ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 และที่ 2 มาสังเคราะห์ แล้วนำไปทดสอบการรับรู้ ซึ่งปรากฏว่าค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 และที่ 2 นี้เป็นตัวแปรสำคัญ ต่อการจำแนกเสียงสระภาษาไทย เมื่อทำการทดสอบการรับรู้ความสั้นยาวของเสียงสระ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าค่าระยะเวลาเป็นตัวแปรสำคัญต่อการรับรู้ความสั้นยาวของเสียงสระ

ในปี 1984 Gandour ได้ศึกษาค่าระยะเวลาของเสียงสระในภาษาไทย เพื่อแสดงถึงการออกเสียงสระสั้นและสระยาวในโครงสร้างพยางค์แบบเดียวกัน งานวิจัยนี้ใช้ผู้บอกภาษาเป็นนักศึกษาปริญญาโทจำนวน 5 คน รายการคำที่ใช้เป็นคำคู่เทียบเสียง 3 คู่ โดยที่พยัญชนะต้นเป็นเสียงชุดกัก คือ /b/ /p/ /ph/ เสียงสระ /a/ พยัญชนะท้ายคือเสียง /t/ ทุกคำมีเสียงวรรณยุกต์เอก เก็บข้อมูลโดยให้ผู้บอกภาษาอ่านคำคู่เทียบเสียงทั้ง 3 คู่ในกรอบประโยค "This is....." ในระดับเสียงปกติ ให้อ่านคำละ 10 ครั้งเพื่อบันทึกเสียง

ผลการวิจัยยืนยันการวิจัยอื่นที่ผ่านมา คือ ความสั้นยาวของเสียงสระในภาษาไทยนั้นสามารถจำแนกได้ด้วยค่าระยะเวลา (Relative duration) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนแล้วสระยาวจะมีค่าระยะเวลามากกว่าสระสั้นประมาณ 2 เท่า

งานวิจัยของวิษณุ (2543) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 และที่ 2 รวมถึงค่าระยะเวลาของสระเดี่ยวเสียงยาวของคนอีสานที่มีประสบการณ์ในการพูดภาษาไทยกรุงเทพฯ ต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับลักษณะทางกลสัทศาสตร์ของคนกรุงเทพฯ ใช้ผู้บอกภาษาชาวอีสานจังหวัดขอนแก่นเพศชาย แบ่งเป็นกลุ่มของผู้ที่มีประสบการณ์ทางภาษาไทยกรุงเทพฯต่ำและกลุ่มของผู้ที่มีประสบการณ์ทางภาษาไทยกรุงเทพฯสูง กลุ่มละ 10 คน และผู้บอกภาษาที่เป็นคนกรุงเทพฯอีก 10 คน ใช้การเก็บข้อมูลแบบคำพูดต่อเนื่อง (Connected speech) แล้วจึงคัดเลือกคำที่มีสระเดี่ยวเสียงยาวที่ได้รับการลงเสียงหนัก (stressed) เป็นคำตัวอย่างเพื่อการวัดค่าความถี่ฟอร์เมินท์ และค่าระยะเวลา

ผลการวิจัยพบว่า คนอีสานที่มีประสบการณ์ในการพูดภาษาไทยกรุงเทพฯสูง มีค่าเฉลี่ยของค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 สูงกว่าคนกรุงเทพฯ และคนอีสานที่มีประสบการณ์ทางภาษาไทยกรุงเทพฯ ต่ำ มีค่าเฉลี่ยของค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 ต่ำที่สุด โดยค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของสระยาวที่ออกเสียงโดยคนกรุงเทพ ฯ สามารถแสดงเป็นพื้นที่สระได้ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 พื้นที่สระยาวที่ออกเสียงโดยคนกรุงเทพฯ (วิษณุ 2543: 40)

ส่วนค่าระยะเวลาในการเปล่งเสียงสระ พบว่าคนกรุงเทพฯ มีค่าระยะเวลาเฉลี่ยของเสียงสระยาวที่สุดเมื่อเทียบกับคนอีสาน และคนอีสานที่มีประสบการณ์ในการพูดภาษาไทยกรุงเทพฯ ต่ำมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการเปล่งเสียงสระน้อยที่สุด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเสียงสระที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียง

งานวิจัยเกี่ยวกับสระของผู้ไร้กล่องเสียงได้มีผู้ที่ศึกษาไว้พอสมควร เนื่องจากหลังการผ่าตัดช่องทางเดินเสียงซึ่งเป็นช่องกำทอนเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ ความยาวและขนาดของช่องทางเดินเสียงลดลง จึงมีส่วนอย่างมากที่ทำให้ลักษณะทางกลสัทศาสตร์ของเสียงสระเปลี่ยนแปลงไป อันได้แก่ ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ซึ่งเป็นค่าที่แสดงคุณสมบัติของเสียงสระ (Vowel quality) รวมทั้งความสั้นยาว (Vowel length) เปลี่ยนแปลงไป ด้วย

งานวิจัยสมัยเริ่มแรกจะเป็นการศึกษาเสียงสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดอาหารเท่านั้น เพราะเป็นวิธีการแรกที่ช่วยให้ผู้ป่วยพูดได้อีกครั้ง เช่น งานของ Schilling and Binder (1926) และ Beck (1931) ศึกษาสระภาษาเยอรมันที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร และ Luchsinger (1952) ศึกษาสระภาษาสวิสที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร ผลการวิเคราะห์ค่าความถี่ฟอร์เมินท์จากงานดังกล่าวนี้ปรากฏว่าไม่แตกต่างจากผู้พูดปกติมากนัก และไม่ได้อธิบายว่าเป็นเพราะเหตุใด จนกระทั่ง Diedrich and Youngstrom (1966) ได้ทำการศึกษากับผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดตั้งแต่วันแรกจนถึง 20 เดือน โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า cinefluorograms เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ ปรากฏว่าความยาวของช่องทางเดินเสียงลดลงเรื่อย ๆ หลังการผ่าตัด ส่งผลต่อค่าความถี่ฟอร์เมินท์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความยาวของช่องทางเดินเสียง

Kytta (1964) ได้ศึกษาสระภาษาฟินแลนด์ที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร โดยวิเคราะห์หาค่าความถี่ฟอร์เมินท์ ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 ของผู้พูดที่ใช้หลอดอาหารสูงกว่าผู้พูดปกติยกเว้นสระ /u/ /o/ และ /e/ ส่วนค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 ของผู้พูดที่ใช้หลอดอาหารสูงกว่าผู้พูดปกติในทุกสระ ทั้งนี้ Kytta ได้อธิบายว่าความแตกต่างนี้เกิดจากการผ่าตัดกล่องเสียงออก ซึ่งหลังจากนั้นโคนลิ้นซึ่งปกติเชื่อมต่อกับหลอดอาหารถูกผ่าตัดและเย็บใหม่ ทำให้ช่องทางเดินเสียงต้องสูญเสียบริเวณช่องกำทอนส่วนหลัง (Posterior resonance cavity) ดังนั้นจึงทำให้ค่าความถี่ฟอร์เมินท์สูงขึ้น ซึ่งตรงกับทฤษฎีที่ว่าด้วยความยาวของช่องทางเดินเสียงต่อค่าความถี่ฟอร์เมินท์

ปี 1972 Sisty และ Weinberg ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกลสัทศาสตร์ของเสียงสระภาษาอังกฤษที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหาร เพื่อวิเคราะห์หาค่าความถี่ฟอร์เมินท์ โดยงานวิจัยชิ้นนี้ใช้ผู้บอกภาษาที่เป็นผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหารทั้งเพศชายและเพศหญิง และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคนปกติ (ใช้ผลของ Peterson and Barney, 1952) นอกจากนี้ยังทำการทดสอบการรับรู้ด้วย

ในการศึกษา Sisty และ Weinberg ใช้ผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหารเพศชายจำนวน 14 คนและเพศหญิง 13 คน สระที่นำมาทดสอบมีทั้งสิ้น 11 เสียง คือ /i/ /ɪ/ /ɛ/ /æ/ /ɑ/ /ʌ/ /u/ /ʊ/ /ɔ/ /o/ และ /e/ ในโครงสร้างพยางค์ [h]V[d] คำที่ใช้ในการทดสอบจะอยู่ในกรอบประโยค "I will say ....." จากนั้นบันทึกเสียง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความถี่ฟอร์เมินท์ และนำไปทำเป็นคำเร่งเร้าการรับรู้ (stimuli) สำหรับทดสอบการรับรู้ของคนปกติ

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของสระที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหารนั้นสูงกว่าค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของคนปกติ โดยที่ค่าเฉลี่ยของผู้ไร้กล่องเสียงที่เป็นเพศหญิงจะสูงกว่าเพศชาย นอกจากนี้ยังพบว่ามีการเหลื่อมกันของสระบางเสียง เมื่อทำการทดสอบการรับรู้ ผลที่ได้คือการรับรู้ถูกต้อง 85 % ผลที่ได้นี้ก็สนับสนุนงานที่ผ่านมาเช่นกัน

นอกจากนี้ยังมีงานของ Goncalves Behlau และ Tosi (1991) ซึ่งทำการศึกษาสระในภาษาโปรตุเกสสำเนียงบราซิลที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร ในภาษาโปรตุเกสบราซิลนี้มีทั้งสระปกติและสระขึ้นจมูก มีการนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดปกติด้วย ลักษณะทางกลสัทศาสตร์ที่วิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าความถี่มูลฐานกับค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1, 2 และ 3 ผลการวิจัยคือ ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดอาหารสูงกว่าผู้พูดปกติ ซึ่งเขาอธิบายว่าเกิดจากการสั้นลงของช่องทางเดินเสียงหลังการผ่าตัด

จนกระทั่งช่วงประมาณ 20 ปีที่ผ่านมา วิธีการพูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหารเริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้น Van As และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษาเสียงสระภาษาดัทช์ที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหาร ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์หาค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของเสียงสระ ด้วยวิธีทางกลสัทศาสตร์ ของผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหาร คือ หาค่าความถี่ฟอร์เมินท์และนำมาเปรียบเทียบกับของผู้พูดปกติ (ผลการวัดค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดปกติในงานวิจัยนี้ อ้างจากงานของ Pols et al, 1973)

ผู้บอกภาษาเป็นผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหารจำนวน 117 คนและเป็นเพศชายเท่านั้น อายุระหว่าง 45-81 ปี คำที่นำมาทดสอบมี 2 แบบ คือ 1) พยางค์ที่ไม่มีความหมาย ที่มีโครงสร้างพยางค์ /h/-V-/t/ โดยใช้เสียงสระจำนวน 3 เสียง คือ /a/ /i/ /u/ และพยัญชนะจำนวน 10 เสียง คือ /p/ /b/ /t/ /d/ /f/ /v/ /s/ /z/ /k/ /g/ และ 2) การอ่านบทความสั้น ๆ โดยเรื่องที่ให้อ่านจะประกอบไปด้วยเสียงสระของภาษาดัทช์ทุกเสียงยกเว้นสระ /ɸ/ จากนั้นนำเสียงที่อัดเทปมาวิเคราะห์หาค่าความถี่ฟอร์เมินท์

ผลที่ได้คือ 1) ในพยางค์ที่ไม่มีความหมาย ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 ของสระทั้ง 3 เสียงที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหารและคนปกติค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 2 ของสระทั้ง 3 เสียงที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหารสูงกว่าคนปกติ แต่กลับต่ำกว่าคนปกติในเสียงสระ /u/ 2) ในการอ่านเรื่อง ทั้งค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่ 1 และที่ 2 ของผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหารสูงกว่าคนปกติ สาเหตุของค่าความถี่ฟอร์เมินท์ที่สูงกว่านั้นก็คือความยาวของช่องทางเดินเสียงของผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหารนั้นสั้นกว่าของคนปกติ เนื่องจากบริเวณที่ทำหน้าที่แทนเส้นเสียงของผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดลม-หลอดอาหารนั้นอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าเส้นเสียง (Vocal folds) ของคนปกติ

งานวิจัยก่อนหน้านี้มักจะวิเคราะห์หาค่าความถี่ฟอร์เมินท์ ทั้งที่จริงแล้วผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหารหรือวิธีอื่น ๆ ก็ตาม มีจุดที่แตกต่างจากคนปกติหลายอย่าง เช่น ปริมาณลมที่หายใจเข้า วิธีการเปล่งเสียง และ แหล่งพลังลม เป็นต้น ดังนั้น Christensen และ Weinberg (1976) จึงได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ค่าระยะเวลาของเสียงสระ เนื่องจากผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหารนั้นต้องอาศัยลมจากกระเพาะอาหารในการเปล่งเสียงแต่ละครั้ง ปริมาณลมที่กลืนเข้าไปและขับให้ออกมาเพื่อการพูดนั้นน้อยกว่าการหายใจหรือลมจากปอด ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้ที่ผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหารจะลดระยะเวลาของการออกเสียงสระเพื่อที่จะมีกระแสลมเพียงพอในการพูดแต่ละครั้ง

งานวิจัยนี้ใช้ผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหารจำนวน 10 คนและคนปกติจำนวน 9 คน คำที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในบริบทต่าง ๆ กัน โดยมีโครงสร้างพยางค์คือ CVC ประกอบด้วยสระ 4 เสียงคือ /i/ /ɪ/ /ɑ/ /ɯ/ พยัญชนะ 8 เสียงคือ /p/ /t/ /k/ /b/ /d/ /g/ /s/ /z/ นำมาสร้างเป็นคำ เช่น /pip/ และให้ผู้บอกภาษาพูดโดยใช้กรอบประโยค (sentence frame) ".....is a word" จำนวนคำทดสอบที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียงที่นำมาวิเคราะห์มีทั้งหมด 1600 คำ ส่วนของผู้พูดปกติมีจำนวน 1440 คำ จากนั้นนำมาวัดค่าระยะเวลา (msec.)

ผลที่ได้ปรากฏว่าไม่ตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ ค่าระยะเวลาของเสียงสระที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียงที่พูดโดยใช้หลอดอาหารยาวกว่าผู้พูดปกติ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผู้พูดเหล่านี้ไม่ได้ชดเชยปริมาณลมสำหรับการหายใจโดยลดระยะเวลาของเสียงสระ แต่กลับเพิ่มระยะเวลาของเสียงสระให้ยาวกว่าปกติ

Robbins, Christensen และ Kempster (1986) ทำการศึกษา Voice Onset Time และค่าระยะเวลาของเสียงสระภาษาอังกฤษที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหารและนำมาเปรียบเทียบกับผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร และผู้พูดปกติ งานวิจัยนี้ใช้ผู้บอกภาษากลุ่มละ 15 คน โดยให้ออกเสียงคำว่า /pik/ /kap/ และ /kup/ ในกรอบประโยค จากนั้นนำไปวิเคราะห์โดยใช้แผ่นภาพคลื่นเสียงเพื่อวัด VOT และค่าระยะเวลาของเสียงสระ ผลที่ได้นำไปคำนวณค่าทางสถิติ (ANOVA) ปรากฏค่าระยะเวลาของเสียงสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหารยาวกว่าผู้พูดปกติ แต่ก็ไม่ใช่ว่าค่าระยะเวลาของเสียงสระที่ยาวนี้ทำให้ค่า VOT สั้นลง แต่จากแผ่นภาพคลื่นเสียงแสดงให้เห็นว่า VOT ของผู้พูดที่พูดโดยหลอดลม-หลอดอาหารก็สั้นกว่าของผู้พูดปกติด้วย จึงกล่าวได้ว่าสรีระที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการผ่าตัดกล่องเสียงออกรวมทั้งการสั้นสระเทือนของบริเวณ P-E Segment และกลไกกระแสลมของผู้พูดที่พูดโดยหลอดลม-หลอดอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การผลิตเสียงพูด และลักษณะทางกลสัทศาสตร์ของเสียงนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกลสัทศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของค่าความเข้ม ความถี่มูลฐาน ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ ฯลฯ ดังนั้นในส่วนของเสียงสระซึ่งเป็นหน่วยเสียงสำคัญของทุกภาษาย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ผลที่ได้จากงานเหล่านี้ก็แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของความยาวและรูปร่างของช่องทางเดินเสียงที่เป็นตัวแปรหลักที่ทำให้ค่าความถี่ฟอร์เมินท์ของสระที่ออกเสียงโดยผู้ไร้กล่องเสียงไม่ว่าประเภทใดก็ตามสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์ตีความข้อมูลก็ไม่ควรละทิ้งปัจจัยอื่น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องตำแหน่งของลิ้น รูปปาก เป็นต้น

2.6 การทดสอบการรับรู้เสียงสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดไร้กล่องเสียง

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ทำทางด้านกลสัทศาสตร์มักจะมีการทดสอบการรับรู้ซึ่งเป็นเรื่องของการได้ยิน เนื่องจากมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน ผลที่ได้จากการทดสอบการรับรู้สามารถนำมาช่วยในการวิเคราะห์ตีความลักษณะทางกลสัทศาสตร์ที่ได้และโยงไปถึงการเปล่งเสียงพูดด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกเสียงของผู้ที่มีความผิดปกติ เพราะจะทำให้ทราบถึงคุณภาพเสียงว่าผู้ฟังนั้นสามารถรับรู้ได้ในระดับใด เพื่อนำไปปรับปรุงวิธีการฝึกพูดต่อไป

Fox และ Trudeau (1988) ทำการทดสอบการรับรู้เสียงสระภาษาอังกฤษที่ออกเสียงโดยผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร โดยใช้เสียงสระทั้งสิ้น 11 เสียง เปรียบเทียบกับสระที่ออกเสียงโดยผู้พูดปกติ ในการทดสอบการรับรู้จะพิจารณาจาก 3 มิติ คือ ตำแหน่งของลิ้นในแนวนอน ความสูงของลิ้น และลักษณะการม้วนลิ้น

ผลที่ได้พบว่าการรับรู้เสียงสระของผู้ฟังที่มีต่อผู้พูดที่ใช้หลอดอาหารและผู้พูดปกติต่างกันเล็กน้อย ถึงแม้จะมีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าความถี่ฟอร์เมินท์กับลักษณะทางกลสัทศาสตร์อื่น เช่น ค่าความถี่มูลฐาน แต่ก็ยังมีความแตกต่างในเรื่องของคุณภาพเสียงของผู้พูดแต่ละคนด้วย ทั้งในแง่ของระยะเวลาในการผ่าตัด และหรือวิธีการในการรักษา

Max, De Bruyn และ Steurs (1997) ได้ทำการวิจัยเรื่องความเข้าใจต่อเสียงที่เปล่งโดยผู้พูดที่ใช้หลอดอาหารและผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหาร คณะผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบความเข้าใจของคนปกติต่อคำพูดของผู้ไร้กล่องเสียงทั้ง 2 กลุ่มที่กล่าวมา ในการวิจัยได้ให้ผู้บอกภาษาเพศชายกลุ่มละ 4 คน อ่านรายการคำพยางค์เดียว คำหลายพยางค์ และประโยค ซึ่งในคำพยางค์เดียวนั้นมีคำที่เป็นคำคู่เทียบเสียงรวมอยู่ด้วยจำนวน 8 คู่ แต่ในคำหลายพยางค์ และประโยคไม่มีเงื่อนไขใด ๆ แล้วบันทึกเสียง นำเสียงที่ได้นั้นไปเปิดให้ผู้ซึ่งไม่เคยเกี่ยวข้องคลุกคลีกับผู้ไร้กล่องเสียงมาก่อนฟังเพื่อทำแบบทดสอบและให้คะแนน

ผลที่ได้จากการทดสอบการฟังแสดงให้เห็นว่าผู้ฟังสามารถเข้าใจคำพูดของผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหารมากกว่าของผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร และอัตราความเข้าใจและความพึงพอใจของผู้ฟังที่มีต่อผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหารก็มากกว่าผู้พูดที่ใช้หลอดอาหารด้วยเช่นกัน

Miani และคณะ (1998) ทำการทดสอบการรับรู้คุณภาพของเสียงที่ออกเสียงโดยผู้พูดไร้กล่องเสียงที่ทำการผ่าตัดแบบเอากล่องเสียงออกทั้งหมด (Total laryngectomy) ในการวิจัยได้ใช้ผู้บอกภาษา 2 แบบ คือผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร 10 คนและผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหาร 9 คน ผู้ฟังสำหรับทดสอบการรับรู้ 10 คน ซึ่งผู้ฟังสำหรับทดสอบการรับรู้นี้เป็นผู้ที่ทำงาน

เกี่ยวข้องกับผู้ไร้กล่องเสียง เช่น พยาบาล นักฝึกพูด เป็นต้น การทดสอบแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ความเข้าใจ (intelligibility) ความพึงพอใจ (pleasantness) และการยอมรับ (acceptability)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของคุณภาพของเสียงในผู้พูดทั้ง 2 กลุ่มอย่างชัดเจน โดยรวมแล้ว ผู้ฟังสามารถเข้าใจ พอใจ และยอมรับการพูดของผู้พูดที่ใช้หลอดลม-หลอดอาหารมากกว่าของผู้พูดที่ใช้หลอดอาหาร

จะเห็นได้ว่าจากทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงสระทั้งในแง่ของสรีรสัทศาสตร์และกลสัทศาสตร์ รวมถึงงานวิจัยเกี่ยวกับเสียงสระของผู้พูดปกติและผู้พูดไร้กล่องเสียง มีประเด็นที่น่าสนใจหลายประเด็น สามารถนำมาช่วยในการวิเคราะห์ตีความงานวิจัยนี้ เริ่มตั้งแต่วิธีการฝึกพูดของผู้ไร้กล่องเสียง การเปล่งเสียงพูดของผู้ไร้กล่องเสียง รวมทั้งสรีระซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงไปหลังการผ่าตัด อันเป็นผลโดยตรงต่อค่าความถี่ฟอร์เมินท์ และค่าระยะเวลาของเสียงสระ และสุดท้ายก็จะส่งผลถึงการรับรู้ของผู้ฟังที่เป็นคนปกติ