

ปรากฏการณ์ลอมบาร์ด : การปรับเสียงในสัตว์

Lombard Effect: Sound Modulation in Animal

สุพาณี เลียงพรพรรณ*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ตำบลบ้านพร้าว อำเภอบางแพะ จังหวัดพัทลุง 93110

Supanee Liengpornpan*

Division of Biology, Faculty of Science, Thaksin University,

Baan Prao, Papayom, Phatthalung 93110

บทคัดย่อ

ปรากฏการณ์ลอมบาร์ดค้นพบโดยลอมบาร์ด ศัลยแพทย์ชาวฝรั่งเศส เป็นการส่งเสียงดังขึ้นโดยไม่รู้ตัวท่ามกลางเสียงดังรบกวน ไม่ใช่รีเฟล็กซ์เพราะถูกควบคุมโดยซีรีรัมคอร์เทกซ์ มีการศึกษาปรากฏการณ์ลอมบาร์ดที่เกิดขึ้นทั้งในมนุษย์และสัตว์ พบว่าความแตกต่างในการปรับคุณลักษณะของเสียงจะขึ้นอยู่กับระบบสัญญาณเสียงของสัตว์แต่ละชนิด สามารถนำปรากฏการณ์นี้ไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายด้าน ได้แก่ การแพทย์ ภาษาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ จิตวิทยา สถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์

คำสำคัญ : ปรากฏการณ์ลอมบาร์ด; การปรับเสียง; สัตว์

Abstract

Lombard effect was discovered by Lombard, a French surgeon. It is an increase in involuntary vocalization amplitude in response to an increase in background noise. It is not a reflex because affected by cerebral cortex. The Lombard effect has been studied in human and a variety of animals. The differences in response to noise are related to the type of signal system used by each species. Lombard effect is still widely used in medicine, linguistics and computer, psychology, architecture, engineering, and animal behavior studies.

Keywords: Lombard effect; sound modulation; animal

1. บทนำ

โดยทั่วไปเมื่อผู้ฟังอยู่ไกล ผู้พูดจะพยายามตั้งใจออกเสียงให้ดังขึ้น เพื่อให้ผู้ฟังได้ยินเสียงชัดเจนพอดี-

กรรมเช่นนี้สามารถพบได้ในสัตว์ชนิดอื่น ๆ ด้วย [1,2] ตรงกันข้ามกับในห้องเรียนที่หากนักเรียนพูดคุยกันเสียงดัง ครูส่วนใหญ่มักจะเปล่งเสียงดังขึ้นโดยไม่

รู้ตัว การปรับเสียงโดยไม่ตั้งใจนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร แตกต่างจากเมื่อตั้งใจหรือไม่ ก่อให้เกิดผลดีหรือผลเสียอย่างไร สามารถหาคำตอบได้จากบทความนี้ ซึ่งจะนำเสนอทวิเคราะห์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ลอมบาร์ด ใน 5 ประเด็น คือ ประวัติการค้นพบ กลไกการเกิด การปรับเสียงในมนุษย์ การปรับเสียงในสัตว์ รวมทั้งการนำความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์นี้ไปใช้ประโยชน์

2. ประวัติการค้นพบ

ปี ค.ศ. 1908 บารานี (Robert Barany, 1876-1936) โสตแพทย์ชาวออสเตรียได้รายงานไว้ว่า เมื่อให้เสียงดังแก่หูข้างหนึ่งสัญญาณเสียงนี้จะสามารถถ่ายทอดไปสู่หูอีกข้างหนึ่งได้ และในปีถัดมา ลอมบาร์ด (Étienne Lombard, 1869-1920) ศัลยแพทย์ชาวฝรั่งเศสผู้เชี่ยวชาญด้านโสตนาสิกของโรงพยาบาล Lariboisière แห่งกรุงปารีส ได้สังเกตพบว่าคนไข้จะพูดเสียงดังขึ้นโดยไม่รู้ตัวเมื่อมีเสียงอื่นดังรบกวน และจะค่อย ๆ พูดเสียงเบาลงโดยไม่รู้ตัวอีกเช่นกันเมื่อเสียงรบกวนนั้นหายไป [3]

เดือนสิงหาคม ค.ศ. 1909 ลอมบาร์ดได้เสนอข้อสังเกตนี้ไปยัง French Academy of Science และในเดือนเมษายน ค.ศ. 1910 ได้เสนอเพิ่มเติมไปยัง Academy of Medicine ทำให้เกิดความสับสนว่า ลอมบาร์ดหรือบารานีเป็นผู้ค้นพบความสามารถในการปรับเสียงพูด ดังปรากฏใน วารสารทางการแพทย์ชื่อ Annales de Maladies de l' Oreille et du Larynx แต่ปัญหาก็ยุติลงได้ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1910) เมื่อซีเรอ (Donald Scheerer) แพทย์ชาวอังกฤษได้เขียนจดหมายถึงบรรณาธิการของวารสารฉบับนี้แจ้งว่าเขาได้พบกับบารานีที่กรุงเวียนนา และบารานีได้ปฏิเสธการค้นพบเรื่องดังกล่าว และสอดคล้องกับในปี ค.ศ. 1914 ที่บารานีได้รับรางวัลโนเบลในสาขาสรีรวิทยาหรือการแพทย์เกี่ยวกับการศึกษาสรีรวิทยาและพยาธิ

วิทยาของเวสทิบิวลาร์แอฟฟาราตัส (vestibular apparatus) ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการปรับเสียงพูดแต่อย่างใด [3]

ปี ค.ศ. 1911 ลอมบาร์ดได้ตีพิมพ์บทความเกี่ยวกับข้อสังเกตที่คนไข้พูดเสียงดังขึ้นตามเสียงดังของสิ่งแวดล้อมเป็นครั้งแรกในบทความชื่อ “Le signe de l'élévation de la voix” ในวารสาร Annales des Maladies de L' Oreille et du Larynx ปีที่ 37 ฉบับที่ 2 หน้า 101-119 และในปี ค.ศ. 1916 เขาได้ตีพิมพ์บทความที่รายงานข้อสังเกตเพิ่มเติม 2 ประการ คือ ประการแรกคนหูหนวกที่เกิดจาก labyrinthine apparatus อีกเสบจะพูดเสียงดังขึ้นโดยที่ระดับเสียงสูงต่ำไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถใช้เป็นข้อบ่งชี้การสูญเสียการได้ยินได้ และประการที่ 2 คนที่มีการได้ยินปกติ การพูดเสียงดังขึ้นเมื่อมีเสียงอื่นดังรบกวนเป็นกลไกควบคุมแบบย้อนกลับระหว่างการพูดและการฟัง เพื่อให้สามารถได้ยินเสียงพูดของตนเองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น [3]

ปี ค.ศ. 1910 ฮาลเฟน (Halphen) นักศึกษาแพทย์ ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของลอมบาร์ดได้ใช้คำว่า Lombard sign ในวิทยานิพนธ์เมื่อเรียกการพูดเสียงดังขึ้นตามเสียงอื่น เพื่อให้เกียรติกับลอมบาร์ดผู้ค้นพบข้อสังเกตนี้ และได้รับความนิยมพอสมควร [3-5] แต่เนื่องจากเป็นการตอบสนองโดยอัตโนมัติ นักวิทยาศาสตร์บางคนจึงนิยมใช้คำว่า Lombard reflex มากกว่า [6,7] แต่ท้ายที่สุดจากการศึกษาเพิ่มเติมในภายหลังพบว่ากลไกนี้ไม่ได้เป็นรีเฟล็กซ์ ดังนั้นในปี ค.ศ. 1965 แฮนเลย์ (Hanley) และฮาร์เวย์ (Harvey) ได้บัญญัติคำว่า Lombard effect หรือปรากฏการณ์ลอมบาร์ดขึ้นใช้แทน [8] และได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน [9-14] วิธีการพูดดังขึ้นในลักษณะนี้เรียกว่าการพูดแบบลอมบาร์ด (Lombard speech) [13] และเสียงอื่นที่ดังรบกวนตลอดเวลา

เรียกว่า masking noise [15] หรือ white noise [16,17] โดยการได้ยินเสียงรบกวนจากหูฟังจะทำให้เกิดการตอบสนองโดยการพูดแบบลอมบาร์ดได้มากกว่าจากเครื่องขยายเสียง [15]

ปี ค.ศ. 1918 หลังจากลอมบาร์ดตีพิมพ์ผลงานเรื่องแรกได้ 7 ปี เขาป่วยหนักและเสียชีวิตใน 2 ปีถัดมาด้วยวัยเพียง 50 ปี ก่อนที่ผลงานของเขาจะได้รับการยอมรับอย่างมากในภายหลัง ทำให้ในปี ค.ศ. 2006 มาสัน (Paul H. Mason) ได้แปลบทความของลอมบาร์ดเป็นภาษาอังกฤษและใช้ชื่อบทความว่า “The sign of the elevation of the voice” และลินอร์ (M. Jacques Lenoir) ได้นำมาเรียบเรียงใหม่เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น [3] ทำให้ผลงานของลอมบาร์ดถูกเผยแพร่ และนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาในหลากหลายสาขา

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ลอมบาร์ดค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979 เป็นต้นมา โดยในระยะแรกจะศึกษาในมนุษย์ต่อมามีการศึกษาในสัตว์ชนิดอื่นร่วมด้วย เช่น กบ [18] นก [16,17,19-26] แมว [7] ลิง [2,27-30] แต่ในสัดส่วนที่น้อยมาก ในระหว่างปี ค.ศ. 1979-2009 มีการตีพิมพ์บทความที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ลอมบาร์ดมากกว่า 230 เรื่อง และส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในมนุษย์ [3] อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าการเล่นกีตาร์ก็สามารถเกิดปรากฏการณ์ลอมบาร์ดได้เช่นเดียวกัน [31]

3. กลไกการเกิด

ระหว่างการสนทนาหากมีเสียงอื่นดังแทรกขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้สนทนาส่วนใหญ่จะค่อย ๆ พูดเสียงดังขึ้นจนเท่ากับเสียงที่ดังรบกวน [13] ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ฟังสามารถได้ยินเสียงได้ชัดเจนเท่าเดิม เรียกว่าเป็นการปรับเสียงในวงจรสาธารณะ (public loop) มากกว่าที่

จะปรับเสียงเพื่อให้ผู้พูดได้ยินเสียงของตนเองที่เรียกว่า วงจรส่วนตัว (private loop) แสดงว่าผู้พูดไม่ต้องการฟังในสิ่งที่ตนเองพูด แต่ต้องการจะสื่อสารให้ผู้ฟังได้ยินเสียงมากกว่า [4] อย่างไรก็ตาม การปรับเสียงทั้งสองวงจรมีส่วนเป็นผลจากการเกิดปรากฏการณ์ลอมบาร์ดทั้งสิ้น สามารถพบได้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ [5]

การศึกษากลไกของระบบประสาทที่ควบคุมการออกเสียงในลิงกระรอก (squirrel monkey, *Saimiri sciureus*) พบว่าปรากฏการณ์ลอมบาร์ดไม่ใช่รีเฟล็กซ์ที่แท้จริง เนื่องจากไม่ได้ถูกควบคุมด้วยวงจรรีเฟล็กซ์ (reflex arc) ที่ไขสันหลัง แต่มีศูนย์ควบคุมอยู่ที่ก้านสมองส่วนพอนส์และเมดัลลาออฟลองกาตา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มของโสตประสาท (audio-vocal neurons) ที่ periolivary region ของ superior olivary complex และ pontine reticular formation ที่อยู่ติดกัน [30,32] สอดคล้องกับเมื่อศึกษาในแมวที่ตัดสมองใหญ่ออก และใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นที่ midbrain periaqueductal gray (PAG) เพื่อกระตุ้นให้ร้อง แล้ววัดการทำงานของกล้ามเนื้อ 3 ชุด คือ laryngeal adductor muscle กะบังลม และ external oblique abdominal muscle พร้อมกับวัดความดังของเสียงร้องของแมว เพื่อศึกษาผลของ auditory-laryngeal reflex ในระหว่างการหายใจเมื่อเปิดและไม่เปิดเสียงที่มีความถี่คงที่ (pure tone) จากเครื่องขยายเสียง พบว่าแมวจะร้องเสียงดังขึ้นและกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชุด ทำงานมากขึ้นเมื่อมีเสียงดังรบกวน แสดงว่าปรากฏการณ์ลอมบาร์ดที่เกิดขึ้นไม่ได้ถูกควบคุมโดยสมองใหญ่แต่ถูกควบคุมโดยก้านสมอง [7]

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการพูดแบบลอมบาร์ดกับปริมาตรของปอด โดยใช้ linearized magnetometers วางบนกระดูกซี่โครงและท้องของหญิงสาวที่มีสุขภาพดี 5 คน และติดไมโครโฟนไว้ที่บริเวณใกล้ปาก เพื่อวัดความดังของเสียงอ่านหนังสือ

ในขณะที่ได้ยินเสียงรบกวนจากหูฟังที่ดังปานกลาง (55 dB) และดังมาก (70 dB) เปรียบเทียบกับเมื่อไม่มีเสียงดังรบกวน พบว่าทุกคนจะออกเสียงดังขึ้นตามปรากฏการณ์ลอมบาร์ด แต่ปริมาณของปอดไม่เปลี่ยนแปลงตามความดังของเสียงพูด ในทางกลับกัน หากให้ตั้งใจพูดเสียงดังกว่าเดิมในความเงียบพบว่า ปริมาตรของปอดจะเพิ่มขึ้น [33] ซึ่งการพูดแบบลอมบาร์ดนี้ไม่ได้เพิ่มการเคลื่อนไหวของปาก ดังนั้นการมองปากเพียงอย่างเดียวจะไม่ช่วยให้รับรู้ได้ดียิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากในงานเลี้ยงที่แม้จะมีเสียงพูดคอยดังรบกวน แต่คนส่วนใหญ่ก็พยายามจะพูดและฟังกันมากกว่าการมองการขยับปากเพื่อเดากำลังพูดว่าอย่างไร [34]

4. ปรากฏการณ์ลอมบาร์ดกับการปรับเสียงของมนุษย์

นอกจากปรากฏการณ์ลอมบาร์ดจะทำให้พูดเสียงดังขึ้นแล้ว พบว่าสามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะของเสียงในด้านอื่นได้ด้วย เช่น พูดด้วยระดับเสียงที่สูงขึ้นโดยเฉพาะในคำหลักที่สำคัญ ออกเสียงสระยาวขึ้น หรือเพิ่มคำขยายความ [6,13,35] โดยที่จังหวะการพูดไม่เปลี่ยนแปลง [36] ทำให้ในบางครั้งผู้ฟังสามารถเข้าใจได้ดีกว่าการฟังการพูดในที่เงียบที่ผู้พูดมักจะออกเสียงราบเรียบโดยไม่เน้นคำสำคัญ [35] แต่การพูดแบบลอมบาร์ดก็มีข้อจำกัด เพราะหากเสียงที่รบกวนนั้นดังเกินไปก็จะทำให้ผู้พูดต้องตะโกนทำให้เจ็บคอ และเป็นไปได้ที่ผู้ฟังอาจไม่ได้ยินเสียงนั้น

การทดสอบการฟังและการรับรู้พบว่าผู้ชายมีแนวโน้มที่จะพูดแบบลอมบาร์ดมากกว่าผู้หญิง ซึ่งนอกจากจะพูดเสียงดังขึ้นแล้วระดับเสียงสูงต่ำและระยะเวลาในการออกเสียงสระก็เพิ่มขึ้นด้วย [6] นอกจากนี้ปรากฏการณ์ลอมบาร์ดจะเกิดขึ้นในระหว่างการพูดคุยกันมากกว่าในขณะที่อ่านหนังสือหรือพูดคนเดียว

และเมื่อให้เสียงดังรบกวนแก่ผู้ใหญ่ 20 คน ที่กำลังเล่าเรื่องจากภาพหรืออธิบายภาพตามลำดับ พบว่าผู้ใหญ่ครึ่งหนึ่งจะเล่าเรื่องจากภาพด้วยเสียงที่ดังขึ้น เนื่องจากต้องใช้สมาธิมากกว่า ตรงกันข้ามกับเด็กอายุ 5 ขวบ ที่จะพูดเสียงดังขึ้นในทั้งสองกิจกรรม [5] ในผู้ป่วยที่ผ่าตัดกล่องเสียง (laryngectomy) และได้รับการฝึกให้ออกเสียงโดยอาศัยการสั่นของหลอดอาหาร (esophageal speech หรือ esophageal voice) หรือคนที่ใช้กล่องเสียงเทียมก็สามารถพูดแบบลอมบาร์ดได้ [11] แต่ในผู้ป่วยที่แม้จะมีปัญหาการได้ยินเสียงภายหลังจากที่มีภาษาพูดแล้ว (postlingual deafness) พบว่าไม่สามารถพูดแบบลอมบาร์ดได้เนื่องจากไม่ได้ยินเสียง (auditory feedback) [37,38]

แม้ว่าการพูดแบบลอมบาร์ดจะเกิดขึ้นได้โดยอัตโนมัติจนอาจน่าใจ แต่ในบางกรณีสามารถยับยั้งการเกิดหรือลดความรุนแรงได้หากได้รับการฝึกเป็นอย่างดี [35] เช่น การควบคุมความดังของเสียงขณะร้องเพลงประสานเสียงไม่ให้ดังจนเกินไป [39] หรือได้รับสัญญาณเตือนให้พูดเบาลง ซึ่งสามารถควบคุมความดังของเสียงต่อไปได้แม้ว่าจะไม่มีสัญญาณเตือนแล้วก็ตาม [12]

5. ปรากฏการณ์ลอมบาร์ดกับการปรับเสียงของสัตว์

สัตว์ที่สมาชิกแต่ละตัวอาศัยอยู่ห่างไกลกันมักเลือกวิธีการสื่อสารโดยใช้เสียง และมีการศึกษามากมายเพื่อหาคำตอบว่าเสียงต่าง ๆ ที่ดังรบกวนสามารถกระตุ้นให้สัตว์เหล่านี้ปรับเปลี่ยนลักษณะของเสียงร้องตามแบบปรากฏการณ์ลอมบาร์ดได้เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในมนุษย์หรือไม่

การศึกษาลักษณะของเสียงร้องของสัตว์ปีกชนิดต่าง ๆ พบว่าเสียงดังรบกวนสามารถเพิ่มความยาวของคำร้อง ความดังและระดับเสียงของนกกระทาญี่ปุ่น

(Japanese quail, *Coturnix coturnix japonica*) ตัวผู้ได้ [19] ในขณะที่สามารถเพิ่มเฉพาะความดังของเสียงร้องของนกแก้วออสเตรเลีย (budgerigars, *Melopsittacus undulatus*) [20] ซึ่งนกจะร้องเสียงดังขึ้นเมื่ออยู่ในฝูง เช่นเดียวกับที่พบในเสียงร้องของนกฟินช์ (Zebra finches, *Taeniopygia guttata*) ตัวผู้และตัวเมีย นกไนติงเกล (*Luscinia megarhynchos*) [22] รวมทั้งไก่บ้าน (Domestic fowl, *Gallus gallus*) [25]

เมื่อศึกษาผลของเสียงดังจากการจราจรต่อการส่งเสียงร้องของนกที่อาศัยอยู่ในเมืองเช่น นกทิตใหญ่ (Great tit, *Parus major*) และนกเดินดงสีดำ (Blackbird, *Turdus merula*) พบว่าแม้เสียงดังรบกวนจากยานพาหนะจะเป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำ (traffic-generated low-frequency noise) แต่สามารถเพิ่มความดังและความถี่ของเสียงร้องของนกได้เมื่อเปรียบเทียบกับนกที่อยู่ในป่า [17,26] แต่ในระดับความถี่ของเสียงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเพื่อรักษาความหมายของคำไว้ [23] ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเสียงร้องของนกแต่ละชนิดที่สามารถยืดหยุ่นได้ตามสถานการณ์ [24]

นอกจากนกแล้วเมื่อมีเสียงดังรบกวนลิงก็สามารถปรับเสียงแบบปรากฏการณ์ลอมบาร์ดได้ พบทั้งในลิงโลกใหม่ เช่น ลิงจิวทามาริน (cotton-top tamarins, *Saguinus oedipus*) [29] และ ลิงจิวมาโมเสท (common marmosets, *Callithrix jacchus*) [28] ที่จะส่งเสียงร้องเรียกดังขึ้นและออกเสียงแต่ละพยางค์ยาวขึ้น ส่วนลิงโลกเก่า เช่น ลิงวอก (rhesus macaque, *Macaca mulatta*) จะร้องเสียงดังขึ้นแต่จะตอบสนองเฉพาะกับเสียงดังรบกวนที่มีความถี่ต่ำเท่านั้น [27] เช่นเดียวกับแมวที่จะร้องเสียงดังขึ้นเมื่อมีเสียงรบกวน [7] อย่างไรก็ตาม หากให้เสียงที่มีความดังระหว่าง 40-70 dB รบกวนการร้องของกบต้นไม้

(Cope's grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*) ตัวผู้พบว่าไม่สามารถกระตุ้นให้กบร้องเสียงดังขึ้นได้ แต่ทำให้แต่ละคำร้องยาวขึ้นและร้องถี่ขึ้นเท่านั้น [18] ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการร้องเสียงดังมากขึ้นทำให้ถูกล่าได้มากขึ้นด้วย จึงเป็นลักษณะที่ไม่ถูกคัดเลือกโดยธรรมชาติ

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าสัตว์ปีกและลิงสามารถปรับเปลี่ยนคุณลักษณะของเสียงร้องเมื่อมีเสียงอื่นดังรบกวน ทั้งนี้เพื่อรักษารายการของพื้นที่ที่สามารถได้ยินที่เรียกว่า active space ไว้โดยที่ความหมายของคำที่ต้องการสื่อสารไม่เปลี่ยนแปลง จัดเป็นการส่งสัญญาณที่เที่ยงตรง (honest signaling) [16,28]

6. การนำปรากฏการณ์ลอมบาร์ดไปใช้ประโยชน์

ปี ค.ศ 1916 ลอมบาร์ดได้รายงานการนำความรู้เกี่ยวกับการปรับเสียงนี้ไปใช้ประโยชน์ในสองด้าน คือ (1) ด้านจิตวิทยา เพื่อจับใจคนที่ต้องการหลีกเลี่ยงการทำงาน หรือเพื่อเรียกร้องความเสียหายจากอุบัติเหตุ โดยอ้างว่าป่วยเนื่องจากสูญเสียการได้ยิน เพราะหากไม่ได้ยินเสียงจริงจะต้องพูดด้วยความดังคงที่เมื่อมีเสียงอื่นดังรบกวนอย่างต่อเนื่อง [3,14] และ (2) ประโยชน์ด้านการฝึกพูดให้ถูกต้อง เนื่องจากมีกลไกควบคุมแบบย้อนกลับระหว่างการออกเสียงและการได้ยิน [3]

ภายหลังการเสียชีวิตของลอมบาร์ดหลายสิบปี จนถึงปัจจุบันได้มีการนำความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ลอมบาร์ดไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในหลายด้าน ได้แก่ การแพทย์ทางประสาทวิทยา ใช้วิเคราะห์การสูญเสียการได้ยิน หรือใช้กระตุ้นให้คนไข้โรคพาร์คินสันพูดเสียงดังขึ้น [40] ด้านภาษาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ใช้พัฒนาโปรแกรมสำหรับการฝึกพูดด้วย

ตนเองและการออกเสียงที่ถูกต้อง ด้านสถาปัตยกรรมใช้ประกอบการออกแบบอาคารสิ่งก่อสร้างเพื่อลดเสียงดังรบกวนจากภายนอก [14] ด้านวิศวกรรมใช้ปรับเครื่องเสียงหรือเครื่องดนตรีเพื่อให้สามารถฟังเสียงได้ชัดเจน [41,42] รวมทั้งด้านพฤติกรรมของสัตว์ เพื่อให้ได้ความรู้เกี่ยวกับกลไกการออกเสียงของสัตว์ชนิดต่าง ๆ [43] เป็นต้น คาดว่าจะสามารถนำความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ลอมบาร์ดไปปรับใช้ในด้านอื่น ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

7. สรุป

ปรากฏการณ์ลอมบาร์ดเป็นการปรับเสียงพูดให้ดังขึ้นโดยไม่รู้ตัว เพื่อให้สามารถสื่อสารต่อไปได้ในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงดังรบกวนอย่างต่อเนื่อง พบได้ในมนุษย์รวมทั้งสัตว์อื่นอีกหลายชนิด จัดเป็นวิวัฒนาการของการปรับตัวอย่างหนึ่งของสัตว์ ซึ่งอาจทำให้คุณลักษณะบางอย่างของเสียงเปลี่ยนแปลงด้วย นอกจากการส่งเสียงดังขึ้นแล้ว และสามารถนำปรากฏการณ์นี้ไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ในหลายด้าน

8. รายการอ้างอิง

- [1] Brumm, H. and Slater, P.J.B., 2006, Animals can vary signal amplitude with receiver distance: Evidence from zebra finch song, *Anim. Behav.* 72: 699-705.
- [2] Choi, J.Y., Takahashi, D.Y. and Ghazanfar, A.A., 2015, Cooperative vocal control in marmoset monkeys via vocal feedback, *J. Neurophysiol.* 114: 274-283.
- [3] Brumm, H. and Zollinger, S.A., 2011, The evolution of the Lombard effect: 100 Years of psychoacoustic research, *Behaviour* 148: 1173-1198.
- [4] Lane, H. and Tranel, B., 1971, The Lombard sign and the role of hearing in speech, *J. Speech Hear. Res.* 14: 677-709.
- [5] Amazi, D.K. and Garber, S.R., 1982, The Lombard sign as a function of age and task, *J. Speech Hear. Res.* 25: 581-585.
- [6] Junqua, J.C., 1993, The Lombard reflex and its role on human listeners and automatic speech recognizers, *J. Acous. Soc. Am.* 93: 510-524.
- [7] Nonaka, S., Takahashi, R., Enomoto, K., Katada, A. and Unno, T. 1997, Lombard reflex during PAG-induced vocalization in decerebrate cats, *Neurosci. Res.* 29: 283-289.
- [8] Hanley, C.N. and Harvey, D.G., 1965, Quantifying the Lombard effect, *J. Speech Hearing Disord.* 30: 274-277.
- [9] Tonkinson, S., 1994, The Lombard effect in choral singing, *J. Voice.* 8: 24-29.
- [10] Winkworth, A.L. and Davis, P.J., 1997. Speech breathing and the Lombard effect, *J. Speech Lang. Hear. Res.* 40: 159-169.
- [11] Zeine, L. and Brandt, J.F., 1988, The Lombard effect on alaryngeal speech, *J. Commun. Disord.* 21: 373-383.
- [12] Pick, Jr.H.L., Siegel, G.M., Fox, P.W., Garber, R. and Kearney, J.K., 1989, Inhibiting the Lombard effect, *J. Acoust. Soc. Am.* 85: 894-900.
- [13] Patel, R. and Schell, K.W., 2008, The

- influence of linguistic content on the Lombard effect, J. Speech Lang. He. Res. 51: 209-220.
- [14] Zollinger, S.A. and Brumm, H., 2011, The Lombard effect, Curr. Biol. 21: R614-R615.
- [15] Garnier, M., Henrich, N. and Dubois, D., 2010, Influence of sound immersion and communicative interaction on the Lombard effect, J. Speech Lang. Hear. Res. 53: 588-608.
- [16] Cynx, J., Lewis, R., Tavel, B. and Tse, H., 1998. Amplitude regulation of vocalizations in noise by a songbird, *Taeniopygia guttata*, Anim. Behav. 56: 107-113.
- [17] Halfwerk, W. and Slabbekoorn, H., 2009. A behavioural mechanism explaining noise-dependent frequency use in urban birdsong, Anim. Behav. 78: 1301-1307.
- [18] Love, E.K. and Bee, M.A., 2010, An experimental test of noise-dependent voice amplitude regulation in Cope's grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*, Anim. Behav. 80: 509-515.
- [19] Potash, L.M., 1972, Noise-induced changes in calls of the Japanese quail. Psychon. Sci. 26: 252-254.
- [20] Manabe, K., Sadr, E.I. and Dooling, R.J., 1998, Control of vocal intensity in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*): Differential reinforcement of vocal intensity and the Lombard effect, J. Acoust. Soc. Am. 103: 1190-1198.
- [21] Leonardo, A. and Konishi, M., 1999, Decrystallization of adult birdsong by perturbation of auditory feedback, Nature 399: 466-470.
- [22] Brumm, H. and Todt, D., 2002. Noise-dependent song amplitude regulation in a territorial songbird, Anim. Behav. 63: 891-897.
- [23] Slabbekoorn, H. and Peet, M., 2003, Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise, Nature 424: 267.
- [24] Brumm, H., 2004. Causes and consequences of song amplitude adjustment in a territorial bird: A case study in nightingales, An. Acad. Bras. Cienc. 76: 289-295.
- [25] Brumm, H., Schmidt, R. and Schrader, L., 2009, Noise-dependent vocal plasticity in domestic fowl, Anim. Behav. 78: 741-746.
- [26] Nemeth, E. and Brumm, H., 2010. Birds and anthropogenic noise: Are urban songs adaptive ?, Am. Nat. 176: 465-475.
- [27] Sinnott, J.M., Stebbins, W.C. and Moody, D.B., 1975, Regulation of voice amplitude by the monkey, J. Acoust. Soc. Am. 58: 412-414.
- [28] Brumm, H., Voss, K., Kollmer, I. and Todt, D., 2004. Acoustic communication in noise: Regulation of call characteristics in a new world monkey, J. Exp. Biol. 207: 443-448.
- [29] Egnor, S.E.R. and Hauser, M.D., 2006, Noise-induced vocal modulation in cotton-

- top tamarins (*Saguinus oedipus*), Am. J. Primatol. 68: 1183-1190.
- [30] Hage, S.R., Jurgens, U. and Ehret, G., 2006. Audio-vocal interaction in the pontine brainstem during self-initiated vocalization in the squirrel monkey, Eur. J. Neurosci. 23: 3297-3308.
- [31] Johnson, C.I., Pick, H.L.Jr., Garber, S.R. and Siegel, G.M., 1978, Intensity of guitar playing as a function of auditory feedback, J. Acoust. Soc. Am. 63: 1930.
- [32] Jürgens, U., 2009, The neural control of vocalization in mammals: A review, J. Voice 23: 1-10.
- [33] Winkworth, A.L. and Davis P.J., 1997, Speech breathing and the Lombard effect, J. Speech Lang. Hear. Res. 40: 159-169.
- [34] Vatikiotis-Bateson, E., Chung, V., Lutz, K., Mirante, N., Otten, J. and Tan, J., 2006, Auditory, but perhaps not visual, processing of Lombard speech, J. Acoust. Soc. Am. 119: 3,444.
- [35] Summers, W.V., Pisoni, D., Bernacki, R.H., Pedlow, R.I. and Stokes, M.A., 1988, Effects of noise on speech production: acoustic and perceptual analyses, Acoust. Soc. Am. 84: 917-928.
- [36] Folk, L. and Schiel, F., 2011, The Lombard effect in spontaneous dialog speech, Proceedings 12th International Interspeech Conference, pp. 2701-2704, 2011.
- [37] Waldstein, R.S., 1990, Effects of postlingual deafness on speech production: Implications for the role of auditory feedback, J. Acoust. Soc. Am. 88: 2099-2114.
- [38] Siegel, G.M., Schork, E.J.Jr., Pick, H.L.Jr. and Garber, S.R., 1982, Parameters of auditory feedback, J. Speech Hear. Res. 25: 473-475.
- [39] Tonkinson, S., 1994, The Lombard effect in choral singing, J. Voice 8: 24-29.
- [40] Ho, A.K., Bradshaw, J.L., Iansek, R. and Alfredson, R., 1999, Speech volume regulation in parkinson' disease: Effects of implicit cues and explicit instructions, Neuropsychologia 37: 1453-1460.
- [41] Hansen, J.H.L. and Cairns, D.A., 1995, ICARUS: Source generator based real-time recognition of speech in noisy stressful and Lombard effect environments, Speech Commun. 16: 391-422.
- [42] Junqua, J.C., Fincke, S. and Field, K., 1999, The Lombard effect: A reflex to better communicate with other in noise, ICASSP. 2083-2086.
- [43] Brumm, H. and Slabbekoorn, H., 2005, Acoustic communication in noise, Adv. Stud. Behav. 35: 151-209.