

ความเคยชิน ความล้า การปรับความรู้สึก : ความแตกต่างที่ชวนสับสน

Habituation, Fatigue, Sensory Adaptation: Confusing Difference

สุพาณี เลียงพรพรรณ*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

Supanee Liengpornpan*

Division of Biology, Faculty of Science, Thaksin University, Khoa Roob Chang, Muang, Songkhla 90000

บทคัดย่อ

ความล้าและการปรับความรู้สึกทำให้สัตว์ตอบสนองลดลงเหมือนกัน แต่เกิดจากสาเหตุที่ต่างกัน มักถูกใช้แทนที่ด้วยความเคยชินซึ่งไม่ถูกต้อง ความเคยชินเป็นพฤติกรรมที่สัตว์ค่อย ๆ ตอบสนองลดลงเมื่อได้รับสิ่งเร้าที่ไม่มีอันตรายติดต่อกันหรือซ้ำ ๆ กัน และจะหยุดตอบสนองในที่สุด ส่วนการที่ไม่สามารถออกแรงได้อีกหลังจากได้ออกแรงอย่างหนักแล้วนั้น เป็นความล้าของกล้ามเนื้อ โครงสร้างที่ทำให้เกิดความเจ็บปวดจนต้องหยุดออกแรงมิใช่การไม่เคยชินกับการออกแรงอย่างหนัก เช่นเดียวกับการปรับความรู้สึกได้หลังจากได้รับสิ่งเร้าตลอดเวลาที่เกิดจากเซลล์ประสาทรับความรู้สึกส่งกระแสประสาทเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางลดลง ทำให้การรับความรู้สึกลดลงไม่ได้เกิดจากความเคยชินต่อสิ่งเร้าแต่อย่างใด

คำสำคัญ : ความเคยชิน ความล้า การปรับความรู้สึก

1. บทนำ

ในบทสนทนาหรือในเอกสารต่างๆ นิยมใช้คำว่า “ความเคยชิน” แทนความหมายของคำว่า “ความล้า” และ “การปรับความรู้สึก” เช่น การที่ไม่สามารถวิ่งเร็ว 200 เมตรได้ติดต่อกันและบอกว่า “ไม่เคยชิน” กับการวิ่งเร็วเช่นนี้ถือว่าไม่ถูกต้อง ควรอธิบายว่าเป็นเพราะกล้ามเนื้อล้าจึงวิ่งต่อไปไม่ได้ หรือเมื่อใส่เสื้อตัวเล็กแนบลำตัว ตอนแรกจะรู้สึกอึดอัดแต่ต่อมาจะรู้สึกเฉย ๆ ส่วนใหญ่จะอธิบายว่าเป็นเพราะเกิดความเคยชิน ซึ่งก็ไม่ถูกต้องเช่นเดียวกัน เนื่องจากผิวหนังสามารถปรับความรู้สึกได้จึงทำให้ความรู้สึกอึดอัด

หายไป ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้สับสนในการใช้คำว่า “ความเคยชิน ความล้า และการปรับความรู้สึก” จึงควรทำความเข้าใจกับความหมายของคำดังกล่าว เพื่อจะได้เลือกใช้ให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ

2. ความเคยชิน (habituation)

ความเคยชินเป็น คำที่ใช้บ่อยมากในชีวิตประจำวันและในการอธิบายพฤติกรรมของสัตว์ ซึ่งจะใช้เมื่อต้องการอธิบายว่าเพราะเหตุใดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าจึงลดลงจนเลิกตอบสนอง ทั้ง ๆ ที่ยังคงได้รับสิ่งเร้าเหมือนเดิม โดยที่ในครั้งแรกอาจ

ตอบสนองเต็มที่ แต่ต่อมาสัตว์จะเรียนรู้ว่าสิ่งเร้านั้นไม่ทำให้เกิดผลเสียหรือมีอันตรายแต่อย่างใดจึงค่อย ๆ ตอบสนองลดลงและหยุดตอบสนองในที่สุด ความเคยชินจัดเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ง่ายที่สุด [1,2] เช่น นกจะไม่กลัวหุ่นไล่กาที่นำไปปักไว้ในนาข้าวได้ระยะหนึ่งแล้ว ช่วงเวลาที่นกตอบสนองลดลงนี้เรียกว่า intratrial interval duration การตอบสนองอาจค่อย ๆ ลดลง หรือคงที่ระยะหนึ่งแล้วค่อยลดลงก็ได้ [3]

เมื่อนกไม่กลัวหุ่นไล่กาแล้ว หากนำหุ่นไล่กาออกไประยะหนึ่ง แล้วนำกลับมาวางไว้ในนาข้าวเหมือนเดิม พบว่าในช่วงแรกนกจะบินหนี แต่ต่อมานกจะค่อย ๆ บินกลับเข้ามาในนาข้าวเหมือนเดิม ระยะเวลาที่นกบินหนีอีกครั้งเรียกว่า ช่วงเวลาที่จะเกิดความเคยชินรอบใหม่ (recovery time of habituation หรือ intertrial interval duration) [4] แสดงว่าความเคยชินที่เกิดขึ้นในครั้งแรกไม่ได้คงอยู่อย่างถาวร เมื่อเวลาผ่านไปสัตว์จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าเดิมได้อีก และจะค่อย ๆ เกิดความเคยชินรอบใหม่ ซึ่งขนาดของสิ่งเร้าจะมีผลต่อช่วงเวลาที่จะเกิดความเคยชินรอบใหม่ด้วย [5] เช่น เงานขนาดใหญ่ที่เคลื่อนผ่านตัวปูจะทำให้ปูมีช่วงเวลาที่จะเกิดความเคยชินรอบใหม่นานกว่าเมื่อมีเงานขนาดเล็กเคลื่อนผ่าน [6] นอกจากนี้อายุก็มีผลต่อการเกิดความเคยชินรอบใหม่ เช่น ทารกอายุ 6 เดือนจะใช้เวลานานกว่าจะเกิดความเคยชินรอบใหม่ต่อสิ่งเร้าเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับทารกอายุ 3 เดือน [7]

ความเคยชินอาจถูกควบคุมโดยพันธุกรรมหรือสิ่งแวดล้อม หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์และชนิดของพฤติกรรม หากความเคยชินถูกควบคุมโดยพันธุกรรมก็จะมีขึ้นเป็นตัวกำหนดรูปแบบของการตอบสนอง [8] ผ่านสมองส่วนเซรีเบลลัม [9] และมีสารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องคือเซโร

โตนิน อะเซติลโคลีน โดปามีน และกลูตาเมต ซึ่งนักวิทยาศาสตร์หลายท่านกำลังศึกษาการแยกชิ้นและกลไกที่ทำให้เกิดความเคยชินนี้ [8] อย่างไรก็ตามสัตว์อาจตอบสนองโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องอาศัยการทำงาน of ระบบประสาทที่ซับซ้อนก็ได้ เพราะเป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการตอบสนอง (procedural learning) ไม่ใช่การเรียนรู้เกี่ยวกับความจำ (declarative learning) ดังนั้นการตอบสนองที่ลดลงนี้จึงไม่ถูกควบคุมโดยสมองส่วนเซรีบริม [10] ทำให้สิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น โพรโตซัว [2,11] ไซครา ดอกไม้ทะเล [2,12] และหอย [13] เกิดความเคยชินได้เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้สิ่งแวดล้อมก็อาจมีผลต่อการเกิดความเคยชินด้วย ทำให้สัตว์แต่ละตัวมีระยะเวลาที่ทำให้เกิดความเคยชินไม่เท่ากัน เช่น นกเพนกวินดาสีเหลืองตัวที่มีประสบการณ์จะเคยชินต่อสิ่งเร้าเร็วกว่า นกเพนกวินที่ไม่มีประสบการณ์ [14] เช่นเดียวกับหนูเพศผู้ที่ถูกฉีด monosodium-L-glutamate (MSG) 4 มิลลิกรัม/กรัม หรือน้ำเกลือเข้มข้น 10 % เข้าไปจะทำให้เกิดความเคยชินเร็วขึ้นเท่ากับหนูเพศเมีย [15] นอกจากนี้แอลกอฮอล์ 0.15 % ที่เติมลงไปในการทำให้ปลาหมอสีเข้าถิ่นหยุดแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวและเคยชินกับปลาผู้บุกรุกได้เร็วขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เป็น 0.30 % จะทำให้ปลาเข้าถิ่นแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวมากขึ้นและเคยชินกับปลาผู้บุกรุกช้าลง [16]

สัตว์ส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมความเคยชินให้เห็นได้อย่างชัดเจน เช่น ลูกนกจะหลบวัตถุทุกชนิดที่เคลื่อนที่ผ่าน ต่อมาลูกนกเกิดความเคยชินไม่หลบนกคอยาวที่ส่วนใหญ่เป็นนกกินปลาไม่ใช่ผู้ล่า เช่น นกยาง นกกระสา แต่ลูกนกจะหลบนกคอสีนซึ่งเป็นผู้ล่า เช่น เหยี่ยว นกอินทรี [17] สิ่งเร้าที่ทำให้สัตว์เรียนรู้ว่าไม่มีอันตรายและเลิกตอบสนองเรียกว่า สิ่งเร้าที่

เป็นกลาง เช่น เสียงน้ำตก เสียงการจราจร หรือสัตว์ อาจลดกิริยาสนองลัพท์ที่เกิดขึ้นกับบางส่วนของร่างกาย เช่น เมื่อใช้ไฟฟ้ากระตุ้นที่ผิวหนังบนหลาย ๆ ครั้งจะทำให้เปลือกตาที่สามของกบที่เรียกว่า เยื่อนิคติ เติบโตขึ้น ๆ หยุตหดตัว [18] ปัจจุบันได้นำหลักการของการตอบสนองแบบความเค้นไปใช้ตรวจการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางของทารกที่อยู่ในครรภ์ด้วย [19]

เมื่อสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเค้นกับสิ่งเร้าชนิดใดแล้ว หากได้รับสิ่งเร้าชนิดใหม่ก็จะต้องเรียนรู้ที่จะเค้นใหม่ เช่น แรงสั่นสะเทือนทำให้โปรโตซัว (*Stentor coeruleus*) หดตัวในครั้งแรกที่ถูกกระตุ้น และจะค่อย ๆ ลดการตอบสนองลงจนไม่หดตัวในที่สุด ต่อมาเมื่อเปลี่ยนสิ่งเร้าเป็นแสงสว่าง โปรโตซัวนี้จะหดตัวได้ใหม่อีกครั้ง [11] และสิ่งเร้าต่างชนิดกันทำให้สัตว์มีความเค้นแตกต่างกัน เช่น ปลาหมึกจะเค้นได้เมื่ออยู่ในน้ำที่มีคาเฟอีนละลายอยู่ แต่จะไม่เค้นในน้ำที่มีมอร์ฟินหรือเอธานอลละลายอยู่ [20] นอกจากนี้การจะสรุปว่าหนูเค้นกับวัตถุใหม่ที่เขาเห็นหรือไม่ สามารถสังเกตได้ 2 วิธี คือ หนูวิ่งหนีวัตถุนั้นน้อยลงหรือไม่ หรือหนูวิ่งเข้าใกล้วัตถุนั้นมากขึ้นหรือไม่ [8,21]

พฤติกรรมความเค้นนี้มีประโยชน์อย่างมากต่อสัตว์ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาและพลังงานในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ไม่มีอันตราย [10,17] สัตว์สามารถเก็บพลังงานและเวลาไว้ใช้ในกิจกรรมอื่นที่สำคัญกว่า เช่น หาอาหาร เกี่ยวพาราสิ และสืบพันธุ์ [22] แต่ในบางกรณีหากสัตว์เค้นและละเอียดที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่คล้ายกับสิ่งเร้าที่เป็นกลางแต่มีอันตรายมากกว่าก็จะทำให้สัตว์ได้รับอันตรายได้ เช่น เมื่อสุนัขได้ยินเสียงประทัดครั้งแรกสุนัขจะวิ่งหนี แต่ต่อมาเมื่อเค้นกับเสียงประทัดแล้วจะไม่วิ่งหนี

บางครั้งเสียงดังนั้นอาจเป็นเสียงปืนไม่ใช่เสียงประทัด ทำให้สุนัขได้รับอันตรายได้ ดังนั้นสัตว์มีแนวโน้มที่จะไม่เกิดความเค้นกับพฤติกรรมการหลบภัยหรือการหนีจากผู้ล่า ในทางกลับกันถ้าสัตว์ตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่รุนแรงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากสัตว์เคยมีประสบการณ์กับสิ่งเร้าเดิมที่มีลักษณะคล้ายกันและมีอันตรายมากกว่าเรียกว่า สัตว์มีความไวในการตอบสนอง [23] เช่น เมื่อได้ยินเสียงปืนสัตว์ก็หลบ ต่อมาเมื่อได้ยินเสียงประทัดสัตว์ก็หลบเพราะคิดว่าเป็นเสียงปืน

3. ความล้า (fatigue)

ความล้าต่างจากความเค้นเพราะความเค้นเกิดจากการเรียนรู้ว่าสิ่งเร้าที่ได้รับซ้ำ ๆ นั้นไม่มีอันตรายจึงหยุดตอบสนอง แต่การที่มนุษย์หยุดวิ่งเป็นเพราะกล้ามเนื้อขาเกิดความล้าทำให้เจ็บปวดมาก ไม่ได้เกี่ยวข้องกับความเค้นในความหมายของพฤติกรรมแต่อย่างใด

ความล้าของกล้ามเนื้อเป็นกลไกที่ซับซ้อนเกิดได้ใน 2 บริเวณ [24] คือ ความล้าภายในเซลล์กล้ามเนื้อ เนื่องจากขาด ATP ที่จะนำไปใช้ในการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ เช่น ในช่วง 1-2 นาทีแรกของการออกกำลังกายเซลล์กล้ามเนื้อจะใช้ ATP ที่มีอยู่ภายในเซลล์ร่วมกับ ATP ใหม่ที่ได้จากการสลายเครอาติน ฟอสเฟตและกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจน [24,25] หลังจากนั้นเซลล์กล้ามเนื้อจะใช้ออกซิเจนสันดาปกรดไขมัน กลูโคส และสารอื่น ๆ เพื่อให้ได้ ATP เพิ่มขึ้น แต่ถ้าออกแรงมากขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ใช้ออกซิเจนสร้าง ATP ไม่ได้ทัน เซลล์กล้ามเนื้อจะเปลี่ยนไปสันดาปโดยไม่ใช้ออกซิเจนแทนทำให้ได้ ATP อย่างรวดเร็ว [26] แต่จะได้โปรเวรร่วมด้วย ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อทำให้

รู้สึกกล้ามเนื้อปวด ความล้าในเซลล์กล้ามเนื้อจัดเป็นความล้าที่รอบนอก (peripheral fatigue) [24,26,27] ดังนั้นเพื่อป้องกันกล้ามเนื้อล้าจึงควรอบอุ่นร่างกายด้วยการออกแรงเบา ๆ ก่อนที่จะออกแรงอย่างหนัก เพื่อให้เซลล์กล้ามเนื้อสามารถใช้ออกซิเจนสร้าง ATP ได้ทัน

นอกจากนี้ความล้าสามารถเกิดขึ้นได้ที่ช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อด้วย เนื่องจากเส้นประสาทมอเตอร์ไปกระตุ้นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งซ้ำ ๆ กันอย่างรวดเร็วจนปลายประสาทไม่สามารถสร้างและหลั่งอะเซทิลโคลีนออกสู่ช่องว่างได้ทัน ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อรักษาความแรงในการหดตัวไม่ได้จึงหดตัวลดลงและหยุดในที่สุด ความล้าในบริเวณนี้จัดเป็นความล้าที่ศูนย์กลาง (central fatigue) [24,27,28]

การออกกำลังกายเป็นประจำอาจทำให้กล้ามเนื้อล้าน้อยลงหรือไม่มีอาการเลย เนื่องจากร่างกายได้สร้างหลอดเลือดฝอยจำนวนมากมาเลี้ยงกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หลอดเลือดฝอยนี้จะช่วยลำเลียงกรดแลคติกออกไปทำให้กล้ามเนื้อไม่ล้า และมีไมโทคอนเดรียเพิ่มขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้สามารถใช้ออกซิเจนสร้าง ATP ได้มากขึ้น นอกจากนี้ความล้าที่เกิดจากการออกแรงอย่างหนักต้องใช้เวลารักษาฟื้นคืนมากกว่าความล้าที่เกิดจากการออกแรงเบา ๆ [28] และอากาศหนาวทำให้กล้ามเนื้อล้าได้ง่ายกว่าอากาศร้อน [29]

ความล้านอกจากจะเกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อของมนุษย์แล้วยังเกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อของสัตว์ชนิดอื่นด้วย เช่น สุนัขเมื่อใช้ขาหลังเกาตัวได้ระยะหนึ่งแล้วก็จะหยุดเกาเนื่องจากกล้ามเนื้อขาล้า [4] ปลาคางคกหอยนางรม (*Opsanus tau*) เพศผู้จะสร้างเสียงโต้ตอบกับเพลงเสียงร้องของปลาอีกตัวหนึ่งลดลงจน

หยุดสร้างเสียง เมื่อศึกษาด้วยเครื่องวัดความตึงเครียดของกล้ามเนื้อพบว่า กล้ามเนื้อที่ถูกลมเกิดความล้าทำให้สร้างเสียงต่อไปไม่ได้ [30] นอกจากนี้เสียงแหบพร่าที่เกิดจากความล้าของการส่งเสียงของกวางฟอลโลว์เพสผู้ (*Dama dama*) ก็เป็นลักษณะสำคัญที่ทำให้กวางเพศเมียไม่เลือกเป็นคู่ผสมพันธุ์ เพราะสะท้อนให้เห็นถึงการมีสุขภาพกายไม่แข็งแรง [31] ซึ่งการหยุดตอบสนองเนื่องจากความล้านี้ไม่นับรวมถึงการที่สัตว์หยุดพักหลังกินอาหารหรือหลังผสมพันธุ์ เนื่องจากกิจกรรมทั้งสองนี้ได้ถูกกำหนดระยะเวลาไว้แน่นอนแล้ว

นอกจากนี้ความล้ายังเกิดขึ้นในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังด้วย เช่น เมื่อใช้ปลายเข็มจุ่มลงในน้ำทางด้านซ้ายทำให้น้ำกระเพื่อม พบว่ามวนกรรเชียง (*Notonecta* sp.) จะหางทั้งสองข้างไปทางซ้าย และเมื่อทำให้น้ำกระเพื่อมที่ตำแหน่งเดิมต่อไปเรื่อย ๆ มวนกรรเชียงจะหยุดนิ่งหลังจากได้เคลื่อนที่ไปหาสิ่งเร้าทางซ้ายแล้ว 300 ครั้ง แต่เมื่อทำให้น้ำกระเพื่อมทางขวาพบว่า มวนกรรเชียงจะเคลื่อนที่ไปหาสิ่งเร้าทางขวาได้ทันที แสดงว่ามวนกรรเชียงล้าที่จะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย แต่ยังไม่ล้าที่จะเคลื่อนที่ไปทางขวา แสดงว่าความล้านี้เกิดขึ้นกับสิ่งเร้าเฉพาะอย่าง [4]

4. การปรับตัวความรู้สึก (sensory adaptation)

การที่รู้สึกเฉย ๆ ไม่อี้อัดเหมือนตอนแรกที่ใส่เสื้อคือนั้นไม่ใช่เพราะความเคยชิน แม้บางครั้งจะอธิบายว่าเป็นเพราะความเคยชินก็ตาม [17] แต่เกิดจากเซลล์ประสาทรับรู้สึกและต้องที่ผิวหนังซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบประสาทส่วนปลายค่อย ๆ ลดการส่งกระแสประสาทเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง และหยุดส่งกระแสประสาทในที่สุด ทำให้แม้มีเสื้อผ้า

สัมผัสผิวหนังตลอดเวลาที่ไม่รู้สึกอึดอัดเรียกว่า เกิดการปรับความรู้สึก [2,32] แต่ความรู้สึกอึดอัดนี้จะกลับมาใหม่ได้หากเราเริ่มสวมใส่เสื้ออีกครั้งเรียกว่า เกิดการปรับความรู้สึกรอบใหม่ (recovery of adaptation) และระยะเวลาที่ทำให้รับรู้ความรู้สึกได้อีกครั้งหลังจากได้รับสิ่งเร้าเดิมเรียกว่า ช่วงเวลาปรับความรู้สึกรอบใหม่ (recovery time of adaptation) [32]

นอกจากการปรับความรู้สึกทางการสัมผัสแล้วสิ่งเร้าอย่างอื่นก็สามารถทำให้เกิดการปรับความรู้สึกได้ เช่น แสง [33] กลิ่น อุณหภูมิ [27] การทรงตัว [34,35] และรสชาติ จากการทดสอบการปรับความรู้สึกด้านรสชาติของแมวตัวรสเปรี้ยว (กรดเกลือ) รสเค็ม (เกลือแกง) และรสขม (ควินิน) พบว่าแมวสามารถรับรสขมและรสเปรี้ยวในรอบใหม่หลังจากเคยปรับความรู้สึกแล้วได้เร็วที่สุดและช้าที่สุดตามลำดับ [36] อาจเป็นเพราะสารที่มีรสขมในธรรมชาติมักเป็นสารพิษ ดังนั้นการรับรู้รสขมได้เร็วจึงเป็นกลไกทางธรรมชาติที่ช่วยให้สัตว์รอดพ้นจากอันตรายได้ และเมื่อศึกษาการมองเห็นในที่มืดของหนูในช่วงอายุต่าง ๆ พบว่าหนูตัวเต็มวัยสามารถปรับสายตาเพื่อให้มองเห็นในที่มืดได้เร็วที่สุดและดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหนูในช่วงอายุอื่น [37] เช่นเดียวกับเมื่อเข้าไปในโรงเลี้ยงสัตว์เราจะได้กลิ่นเหม็นมากทำให้หายใจลำบาก แต่ต่อมาจะรู้สึกว่าการเหม็นลดลงสามารถหายใจได้สะดวกขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะมีการปรับความรู้สึกของการรับกลิ่น [35]

แม้ว่าความเคชิน ความล้า และการปรับความรู้สึกจะมีนิยามและรายละเอียดแตกต่างกันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ก็มีคุณลักษณะบางอย่างคล้ายกัน เช่น ทำให้การตอบสนองหรือการรับรู้ความรู้สึกลดลงเมื่อได้รับสิ่งเร้าเดิมซ้ำ ๆ นอกจากนั้นความล้าและ

การปรับความรู้สึกสามารถเกิดขึ้นได้เร็วกว่าความเคชินที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงในระบบประสาทอย่างไรก็ตามควรใช้คำว่าความเคชิน ความล้า และการปรับความรู้สึกให้ถูกต้องตามหลักวิชาการและสถานการณ์ด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Biggs, A., Kapicka, C. and Lundgren, L., 1995, Biology: The Dynamics of Life, Glencoe/McGraw-Hill, New York, 1186 p.
- [2] Drickamer, L.C., Vessey, S.H. and Meikle, D., 1996, Animal Behavior: Mechanisms, Ecology, Evolution, 4th Ed., Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, 447 p.
- [3] Rankin, C.H., Abrams, T., Barry, R.J., Bhatnagar, S., Clayton, D.F., Colombo, J., Coppola, G., Geyer, M.A., Glanzman, D.I., Marsland, S., McSweeney, F.K., Wilson, D.A., Wu, C. and Thompson, R.F., 2009, Habituation revisited: An updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation, Neurobiol. Learn. Mem. 92: 135-138.
- [4] Slater, P.J.B., 1999, Essentials of Animal Behaviour, Cambridge University Press, Cambridge, 233 p.
- [5] Thon, B., 1987, Acquisition and retention of habituation as a function of intertrial interval duration during training in the blowfly, Behav. Proc. 15: 47-57.
- [6] Lozada, M., Romano, A. and Maldonado, H., 1990, Long-term habituation to a danger

- stimulus in the crab *Chasmagnathus granulatus*, *Physiol. Behav.* 47: 35-41.
- [7] Mayes, L.C. and Kessen, W., 1989, Maturational changes in measures of habituation, *Infant Behav. Dev.* 12: 437-450.
- [8] Leussis, M.P. and Bolivar, V.J., 2006, Habituation in rodents: A review of behavior, neurobiology and genetics, *Neurosci. Biobehav. Rev.* 30: 1045-1064.
- [9] Dahhaoui, M., Caston, J., Lannou, J. and Avenel, S., 1992, Role of the cerebellum in habituation r exploration behavior in the rat, *Physiol. Behav.* 52: 339-344.
- [10] Minkoff, E.C. and Baker, P.J., 2001, *Biology Today: An Issues Approach*, 2nd Ed., Garland Publishing, New York, 718 p.
- [11] Wood, D.C., 1973, Stimulus specific habituation in a protozoan, *Physiol. Behav.* 11: 349-354.
- [12] Barnard, C., 2003, *Animal Behaviour: Mechanism, Development, Function and Evolution*, Pearson Prentice Hall, Harlow, 726 p.
- [13] Cook, A., 1971, Habituation in a freshwater snail (*Limnaea stagnalis*), *Anim. Behav.* 19: 463-474.
- [14] Ellenberg, U., Mattern, T. and Seddon, P.J., 2009, Habituation potential of yellow-eyed penguins depends on sex, character and previous experience with humans, *Anim. Behav.* 77: 289-296.
- [15] Dubovicky, M., Skultetyova, I. and Jezova, D., 1999, Neonatal stress alters habituation of exploratory behavior in adult male but not female rats, *Pharmacol. Biochem. Behav.* 64: 681-686.
- [16] Peeke, H.V.S., Peeke, S.C., Avis, H.H. and Ellman, G., 1975, Alcohol, habituation and the patterning of aggressive responses in a cichlid fish, *Pharmacol. Biochem. Behav.* 3(6): 1031-1036.
- [17] Alters, S., 1996, *Biology: Understanding Life*, Mosby-Year Book, St. Louis Missouri, 845 p.
- [18] Glanzman, D.L. and Schmidt, E.C., 1979, Habituation of the nictitating membrane reflex response in the intact frog, *Physiol. Behav.* 22: 1141-1148.
- [19] van Heteren C.F., Boekkooi, P.F., Jongsma, H.W. and Nijhuis J.G., 2001, Fetal habituation to vibroacoustic stimulation in relation to fetal states and fetal heart rate parameters, *Early Hum. Dev.* 61: 135-145.
- [20] Wong, K., Elegante, M., Bartels, B., Elkhayat, S., Tien, D., Roy, S., Goodspeed, J., Suciu, C., Tan, J., Grimes, C., Chung, A., Rosenberg, M., Gaikwad, S., Denmark, A., Jackson, A., Kadri, F., Chung, K.M., Stewart, A., Gilder, T., Beeson, E., Zapolsky, I., Wu, N., Cachat, J. and Kalueff, A.V., 2010, Analyzing habituation responses to novelty in zebrafish (*Danio rerio*), *Behav. Brain Res.* 208: 450-457.
- [21] Dai, H., Krost, M. and Carey, R.J., 1995, A new methodological approach to the study of habituation: The use of positive and negative behavioral indices of habituation, *J. Neurosci.*

- Meth. 62: 169-174.
- [22] Enger, E.D. and Ross, F.C., 2003, Concepts in Biology, 10th Ed., McGraw-Hill, New York, 529 p.
- [23] Breed, M.D. and Moore, J., 2012, Animal Behavior, Elsevier Inc., Amsterdam, 475 p.
- [24] Wilmore, J.H., Costill, D.L. and Kenney W.L., 2008, Physiology of Sport and Exercise, 4th Ed., Human kinetics, Champaign, 574 p.
- [25] Powers, S.K. and Howley, E.T., 2007, Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance, 6th Ed., McGraw-Hill, New York, 540 p.
- [26] Mader, S.S., 2002, Biology, 7th Ed., McGraw Hill, Boston, 514 p.
- [27] Fox, S.I., 2004, Human Physiology, 8th Ed., McGraw-Hill, Boston, 726 p.
- [28] Widmaier, E.P., Raff, H., Strang, K.T., 2004, Human Physiology: the Mechanisms of Body Function, 9th Ed., McGraw-Hill, Boston, 825 p.
- [29] Acevedo, E.O., Ekkekakis P., 2006, Psychobiology of Physical Activity, Human Kinetics, Champaign, 278 p.
- [30] Mitchell, S., Poland, J. and Fine, M.L., 2008, Does muscle fatigue limit advertisement calling in the oyster toadfish *Opsanus tau* ?, Anim. Behav. 76: 1011-1016.
- [31] Vannoni, E. and McEllogott, A.G., 2009, Fallow bucks get hoarse: Vocal fatigue as a possible signal to conspecifics, Anim. Behav. 78: 3-10.
- [32] Starr, C. and McMillan, B., 2001, Human Biology, 4th Ed., Brooks/Cole, Pacific Grove, 511 p.
- [33] Meredith, D. and Tomlinson, J., 1981, Simultaneous sensory adaptation to light, J. Theor. Biol. 91: 397-415.
- [34] Macadar, O. and Budelli, R., 1984, Mechanisms of sensory adaptation in the isolated utricle, Exp. Neurol. 86: 147-159.
- [35] Zucca, G., Botta, L., Milesi, V. and Valli, P., 1993, Sensory adaptation in frog vestibular organs, Hearing Res. 68: 238-242.
- [36] Wang, M.B. and Bernard, R.A., 1970, Adaptation of neural taste responses in cat, Brain Res. 20: 277-282.
- [37] Toth, S., Sarmany, J. and Kelemen V., 1993, Age-dependent alteration of neural visual adaptation, Arch. Gerontol. Geriatr. 16: 39-50.