Review Article

กรอบคิดเชิงทฤษฎี และมุมมองใหม่เพื่อพัฒนาเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน

An Exciting Theoretical Framework Looking at A New Insight Approach for the Remediation of Children with Developmental Dyslexia

วัฒนารี อัมมวรรธน์[1]*, เสรี ชัดแช้ม[2]

Watthanaree Ammawat[1]*, Seree Chadcham[2]

[1]กลุ่มสาขาวิชากิจกรรมบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

[2]วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1]Division of Occupational Therapy, Faculty of Physical Therapy, Mahidol University, Phuttamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand.

[2]College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Mueang, Chon Buri 20131, Thailand.

*E-mail: watthanaree.ama@mahidol.ac.th

Songkla Med J 2016;34(4):211-221

บทคัดย่อ:

ความบกพร่องด้านการอ่าน เป็นความผิดปกติของพัฒนาการระบบประสาทตั้งแต่แรกเกิด และมีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางปัญญา การศึกษาในปัจจุบันทำให้ทราบสาเหตุ ปัจจัยเสี่ยง และพยาธิสภาพของสมองที่ส่งผลต่อการเกิดภาวะความบกพร่องด้านการอ่านชัดเจนยิ่งขึ้น มีการนำเสนอทฤษฎี แนวคิดการทำงานของสมองกับกระบวนการรับรู้การมองเห็นที่ส่งผลต่อความสามารถด้านการอ่าน บทความนี้ได้ทบทวน ทฤษฎี แนวคิด ความก้าวหน้า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเดิม และแนวคิดใหม่เกี่ยวกับการทำงานของสมองกับกระบวนการรับรู้การมองเห็นที่ส่งผลต่อความสามารถด้านการอ่านในมิติต่างๆ รวมทั้งยังรวบรวมงานวิจัยที่ทันสมัยและมีประสิทธิผลเพื่อลดปัญหาความสามารถของพัฒนาการการอ่านในเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่เด็กควรได้รับการช่วยเหลือตั้งแต่เริ่มแรกเพื่อที่เด็กจะสามารถอ่านหนังสือได้เต็มศักยภาพของการเรียนรู้

คำสำคัญ: ความบกพร่องด้านการอ่าน, การตระหนักรู้การแปลตัวอักษรเป็นเสียง, กระบวนการรับรู้การมองเห็น, การใส่ใจในการมอง, การตระหนักรู้ภาพและมิติสัมพันธ์

รับต้นฉบับวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2559 รับลงตีพิมพ์วันที่ 28 พฤษภาคม 2559

Abstract:

Developmental dyslexia is a neurodevelopmental disorder that is related to cognitive processing. Several studies have shown that we must understand the causes, risk factors, pathology of the brain, and treatment and prevention. Additionally, many theories and concepts of brain function have been investigated and show that the process of visual perception is relate to reading problems. Therefore, this article has covered the theoretical foundations and new insight of brain function with visual perceptual processing that affects children with developmental dyslexia. This will show the effectiveness of new technologies in relation to children with developmental dyslexia. Most importantly, early intervention may reduce the reading problems in children.

Keywords: development dyslexia, phonological awareness, visual attention, visual perceptual processing, visual spatial awareness

บทนำ

ความบกพร่องด้านการอ่าน (developmental dyslexia) เป็นความล่าช้าในการพัฒนาความสามารถในการอ่าน รวมทั้งความเข้าใจในการอ่าน[1] เป็นความผิดปกติของพัฒนาการระบบประสาท ทำให้เกิดความล่าช้ากว่าปกติของกระบวนการแยกแยะตัวอักษร ส่งผลต่อกระบวนอ่านหนังสือและการเรียนรู้ที่ยากลำบากกว่าปกติ[2,3] ความบกพร่องด้านการอ่านเป็นภาวะที่พบมากที่สุดของภาวะความบกพร่องด้านการเรียน (learning disorder) และรวมอยู่ในกลุ่มของเด็กที่มีความผิดปกติจำเพาะของพัฒนาการทางทักษะในการเรียน (specific learning disorder)[4] ความบกพร่องด้านการอ่านของเด็กหมายถึง เด็กไม่สามารถอ่านหนังสือได้อย่างคล่องแคล่วและแม่นยำ มีปัญหาต่อทักษะการถอดรหัสคำ (decoding skills) จากตัวอักษร และมีความสามารถด้านการอ่านต่ำกว่าอายุจริง หรือต่ำกว่าระดับเชาว์ปัญญา โดยปกติแล้วเด็กจะสามารถเริ่มอ่านได้อย่างถูกต้องและเข้าใจความหมายเมื่ออายุประมาณ 6 ปี[5] นอกจากนี้ยังรวมถึงเด็กที่ไม่สามารถอ่านหนังสือได้ แม้ว่าจะได้รับการฝึกฝนแล้วก็ตาม ซึ่งความบกพร่องด้านการอ่านส่งผลกระทบต่อการเรียน การทำงาน และการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

ปัจจุบันปัญหาการอ่านของเด็กที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (poor reading) ปรากฏถึงร้อยละ 20 ของประชากรเด็ก และมีภาวะความบกพร่องด้านการอ่านร้อยละ 4-10 ในจำนวนนี้ยังไม่รวมถึงเด็กที่มีความบกพร่องด้านอื่นๆ อาทิ ความบกพร่องทางด้านสติปัญญา (intelligent disability) ปัญหาอยู่ไม่นิ่ง สมาธิสั้น เป็นต้น[5] สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา มีอุบัติการณ์ปรากฏว่า ร้อยละ 5-17 ของเด็กวัยเรียน มีปัญหาด้านการอ่าน[6] และจากการศึกษาเด็กในประเทศกรีซจำนวน 598 คน ปรากฏว่าเด็กมีความบกพร่องด้านการอ่านร้อยละ 5.52 เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 7.6 และ 3.8 ตามลำดับ[7] สำหรับในประเทศไทยพบสถานการณ์ความบกพร่องด้านการอ่านร้อยละ 6.3 ของเด็กวัยเรียน[8] และวัยรุ่นอายุ 11-16 ปี ในสถานพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชนแห่งหนึ่ง มีความบกพร่องด้านการอ่านถึงร้อยละ 44 ของกลุ่มตัวอย่าง[9] แสดงให้เห็นว่าความบกพร่องด้านการอ่านของเด็กยังคงเป็นปัญหาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในทวีปยุโรป และเอเชีย รวมทั้งวัยรุ่นที่กระทำความผิดมีแนวโน้มจะมีความบกพร่องด้านการอ่านในสัดส่วนที่มากกว่าวัยรุ่นทั่วไป[6-9] ในประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาด้านการอ่าน และให้ความ

ช่วยเหลือทางการศึกษาอยู่รวมกับกลุ่มเด็กที่มีความบกพร่องด้านการเรียน ดังจะเห็นได้จากพระราชบัญญัติการศึกษาพิเศษ พ.ศ. 2541 ได้กำหนดให้มีการจัดการศึกษากับเด็กที่มีความต้องการพิเศษ โดยครูและผู้ปกครองเข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของเด็ก ดังนั้นครูและผู้ปกครองจำเป็นต้องมีความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของเด็กเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องของการอ่าน[10]

ความบกพร่องด้านการอ่านเกิดขึ้นตั้งแต่กำเนิด เนื่องจากสมองและระบบประสาทมีการทำงานล่าช้ากว่าปกติ แตกต่างจากคนที่มีปัญหาการอ่านไม่ออก ซึ่งจากการเกิดพยาธิสภาพสมองภายหลัง เช่น การประสบอุบัติเหตุ เนื้องอก เป็นต้น แต่ไม่รวมถึงเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา เด็กที่ไม่ได้รับการสอน หรือเด็กที่มีเศรษฐานะต่ำ เนื่องจากฐานะยากจนทำให้ขาดโอกาสในการเรียนรู้จากการอ่าน[5] สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อความบกพร่องด้านการอ่านนั้นเกิดขึ้นได้จากเด็กที่มีประวัติครอบครัวเคยมีความบกพร่องด้านการอ่าน เด็กที่มีพัฒนาการทางภาษาล่าช้า และเด็กที่น้ำหนักแรกคลอดต่ำกว่าเกณฑ์ (<1,500 กรัม) นอกจากนี้ความบกพร่องด้านการอ่านยังมีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางปัญญาทั้งทางด้านการรับรู้ การพูด การระลึก และการแยกแยะเสียงที่มีความหมายต่างๆ[5,11] สอดคล้องกับการศึกษากระบวนการทางปัญญากับความสัมพันธ์ด้านความสามารถทางการอ่านของเด็กไทย ปรากฏว่า การถอดรหัสคำ การระบุชื่อได้รวดเร็ว (rapid naming skills) และการตระหนักรู้หน่วยคำ (morphological awareness) มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอ่านของเด็ก[12] รวมทั้งจากการศึกษาระยะยาวในเด็กอายุระหว่าง 3-8 ปี ปรากฏว่าความสามารถในการรู้จักตัวอักษร (letter knowledge) การระลึกชื่อได้อย่างอัตโนมัติรวดเร็ว (rapid automatized naming) การตระหนักรู้เสียง (phonological awareness) การทำงานของสมองด้านหน้าที่การบริหารจัดการ (executive function) และการเคลื่อนไหว (motor skills) สามารถทำนายความบกพร่องด้านการอ่านของเด็กได้[11,13]

ความบกพร่องด้านการอ่านมีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางปัญญาและการทำงานของสมอง ซึ่งกระบวนการอ่านของเด็กต้องอาศัยการทำงานของสมอง 2 หน่วยย่อยที่สำคัญ ได้แก่ (1) การได้ยิน ซึ่งเป็นการทำงานในบริเวณสมองทางด้านหน้า (frontal lobe) มีหน้าที่เกี่ยวกับการออกเสียง (pronunciation) และรู้หน่วยเสียงที่เล็กที่สุด (phoneme sounds) และ (2) การมองเห็นในบริเวณสมองทางด้านหลัง (occipital lobe) มีหน้าที่เกี่ยวกับการระลึกรูปแบบคำ (word form recognition) และการระบุรูปแบบตัวอักษร (letter shape identification)[5] ซึ่งกระบวนการอ่านและความบกพร่องด้านการอ่านของเด็กนั้นเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ดังนั้น บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมองค์ความรู้ การวิจัย กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีในมิติต่างๆ โดยในส่วนแรกเป็นการสรุปกรอบคิดเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับความบกพร่องด้านการอ่าน และแนวคิด ทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลจากการมองเห็น ส่วนต่อมาเป็นการรวบรวมงานวิจัยที่ประยุกต์แนวคิดการประมวลผลข้อมูลจากการมองเห็นและกระบวนการทางปัญญาเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่าน การทำความเข้าใจภาวะความบกพร่องด้านการอ่านเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้สามารถช่วยเหลือและเตรียมความพร้อมด้านการอ่านของเด็กได้ตั้งแต่แรกเริ่ม ส่งผลให้เด็กมีความสามารถในการอ่านที่ดี มีผลการเรียนดีขึ้น และสามารถทำงานในอนาคตได้ดีต่อไป

กรอบคิดเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับความบกพร่องด้านการอ่าน

กรอบคิดเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับความบกพร่องด้านการอ่าน อธิบายแนวคิด กระบวนการที่สำคัญ ทำให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนเพิ่มมากขึ้น สำหรับการนำไปเป็นแนวทางในการศึกษา วิจัย และการออกแบบให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริม และป้องกันปัญหาด้านการอ่านที่จะเกิดขึ้นกับเด็ก ซึ่งแต่ละแนวคิด ทฤษฎีมีความหลากหลายแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐานเดิมที่นำมาใช้ศึกษาเพิ่มเติม ดังนั้น จึงอธิบายกรอบคิดเชิงทฤษฎีในมิติต่างๆ ดังนี้

ทฤษฎีการตระหนักรู้การแปลตัวอักษรเป็นเสียง (the phonological awareness theory)

ทฤษฎีการตระหนักรู้การแปลตัวอักษรเป็นเสียง เป็นความสามารถในการรับรู้ จัดกระทำกับเสียงพูด การแยกคำและเข้าใจความหมายได้อย่างชัดเจน[5] ประกอบด้วย 2 หลักการ คือ การแปลตัวอักษรเป็นเสียง (phonological system) ทำให้เด็กรู้โครงสร้างของเสียงที่ใช้ในการพูด และสามารถสร้างคำพูดได้ และการแปลความหมาย (sematic system) ทำให้เด็กเข้าใจความหมายในสิ่งที่ตนเองได้ยินหรือพูดได้ตามความหมายที่ต้องการ ความสามารถทั้งสองส่วนนี้สำคัญต่อการพัฒนาความสามารถด้านการอ่าน โดยอาศัยหลักการสะกดคำ (orthographic system) ซึ่งเป็นความสามารถของเด็กที่จะเชื่อมโยงเสียงไปยังตัวอักษรที่ปรากฏขึ้น ทักษะการอ่านนั้นไม่เพียงแต่ต้องใช้ทักษะทางภาษา ยังต้องอาศัยความเข้าใจในองค์ประกอบของตัวอักษร การวิเคราะห์คำในประโยคที่เชื่อมโยงกัน และทักษะการวิเคราะห์รูปประโยคที่ใช้แทนความหมาย (graphemic parsing skills) เด็กจะมีความสามารถด้านการแปลตัวอักษรเป็นเสียงเมื่ออายุประมาณ 6 ปี และเป็นช่วงที่จะเริ่มอ่านหนังสือได้[14] สอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ (event related potential) โดยการทดสอบชนิด passive oddball ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อเสียงกระตุ้นเป้าหมาย และเพิกเฉยเสียงกระตุ้นที่ไม่ใช่เป้าหมาย กับกระบวนการได้ยินและกระบวนการตระหนักรู้การแปลตัวอักษรเป็นเสียงในเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านอายุ 5-6 ปี 11 เดือน โดยวิธีการเปลี่ยนแปลงของความถี่เสียง ระยะเวลา และความเข้มข้น ปรากฏว่าเด็กที่มีความเสี่ยงกับปัญหาด้านการอ่านจะมีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นลบในช่วง 107-215 มิลลิวินาที บริเวณ frontocentral areas ซึ่งตรงกับคลื่น P1 ที่หายไป และเกิดคลื่น N250 ขึ้น นอกจากนี้เด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน จะมีการตอบสนองค่อนข้างกว้างบริเวณ late discriminative negativity (LDN) ซึ่งความกว้างของคลื่นไฟฟ้า P1-N250 มีความสัมพันธ์กับความสามารถด้านการรู้จักตัวอักษรและการตระหนักรู้การแปลตัวอักษรเป็นเสียง ส่วน LDN มีความสัมพันธ์กับความจำระยะสั้นจากการได้ยิน (verbal short-term memory) และความเร็วในการระบุชื่อได้อย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นว่าเด็กที่มีความบกพร่องของกระบวนการได้ยิน มีแนวโน้มที่จะพบปัญหาด้านการอ่าน[15] และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของเด็กปกติกับเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน ปรากฏว่าเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านมีความสามารถของกระบวนการตระหนักรู้การแปลตัวอักษรเป็นเสียงต่ำกว่าเด็กปกติ[13] งานวิจัยเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่า ความบกพร่องด้านการอ่านมีความสัมพันธ์กับความบกพร่องของกระบวนการการได้ยิน (auditory processing)

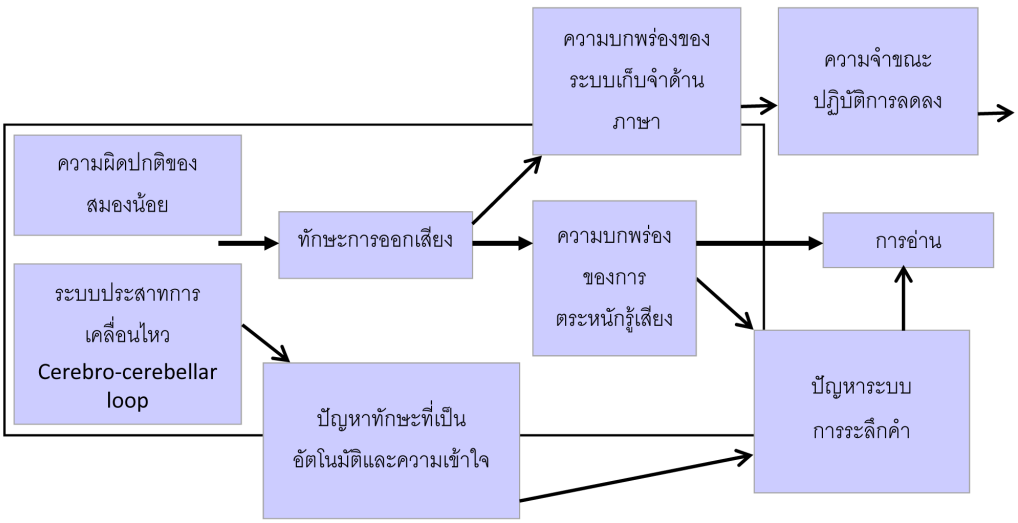
ทฤษฎีกระบวนการได้ยินอย่างรวดเร็ว (rapid auditory processing theory)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการได้ยินกับความสามารถด้านการอ่านมีมาอย่างต่อเนื่องมากกว่า 30 ปี ตั้งแต่ Tallal[16] ได้ค้นพบว่าเด็กที่มีปัญหาด้านการอ่านเกิดจากความบกพร่องของกระบวนการ temporal sequencing patterns ส่งผลให้เด็กทำงานหรือทำกิจกรรมที่อาศัยการเรียงลำดับได้ยากหรือการตอบสนองการรับรู้มิติสัมพันธ์กับเวลาในกระบวนการได้ยิน โดยเฉพาะการประมวลผลสิ่งที่ได้ยินอย่างรวดเร็วหรือความสามารถจากการทดสอบการได้ยินซ้ำ (auditory repetition task) และผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านการอ่านกับการได้ยินในเด็กอายุ 6-13 ปี จำนวน 82 คน ปรากฏว่าความสามารถจากการทดสอบการได้ยินซ้ำกับการรับรู้เสียงมีความสัมพันธ์กับการอ่าน ส่วนการรับรู้หน่วยเสียงที่ขาดหายไป (phoneme deletion) มีความสัมพันธ์กับการอ่านมากกว่าการแยกแยะเสียงที่แตกต่าง (rhyme oddity)[17] อย่างไรก็ตามความสามารถในการพูดตามคำที่ไม่มีความหมาย (nonword repetition) มีความสัมพันธ์ค่อนข้างน้อยกับความสามารถด้านการอ่าน นอกจากนี้ความสามารจากการทดสอบการได้ยินซ้ำมีความสัมพันธ์กับการรับรู้การสร้างคำใหม่ (onset-rime awareness) ค่อนข้างมาก แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับ

ทักษะการรับรู้เสียง (phonemic skill)[16,17] แม้ว่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกฝนกระบวนการรับรู้การได้ยินเพื่อพัฒนาทักษะทางภาษา แต่การเพิ่มความสามารถในการรับรู้การได้ยินร่วมกับการฝึกการรับรู้เสียงเพียงอย่างเดียวยังคงมีข้อจำกัดในการส่งเสริมความสามารถด้านการอ่านอย่างต่อเนื่องและถาวร[18]

ทฤษฎีการเคลื่อนไหว (the motor/cerebellar theory)

ความบกพร่องด้านการอ่านไม่เพียงแต่มีความผิดปกติเกี่ยวกับการรับรู้เสียงและการได้ยินเท่านั้น ยังพบว่าร้อยละ 80 ของเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน มีความผิดปกติของสมองน้อย (cerebellum) ร่วมด้วย เนื่องจากความสามารถด้านการเขียน การอ่านและการสะกดคำ เกิดขึ้นจากหลายทาง โดยมีความสัมพันธ์กับการทำงานของสมองน้อยทั้งทางตรงและทางอ้อม หากสมองน้อยมีความบกพร่อง จะเกิดผลทางตรงกับความบกพร่องด้านการทรงท่า (balance impairment) และทักษะการเคลื่อนไหว ส่งผลให้เด็กมีปัญหาด้านการเขียน ในเด็กเล็กอาจพบว่าเด็กมีความล่าช้าเกี่ยวกับทักษะการออกเสียง (articulatory skills) โดยเฉพาะการเล่นเสียง (babbling) และมีภาษาพูดล่าช้า ส่งผลให้พูดไม่คล่อง สำหรับผลทางอ้อมนั้น พบว่าเกิดความบกพร่องของความเร็วในการออกเสียง ส่งผลต่อการทำงานของระบบเก็บจำด้านภาษา (phonological loop) และความจำขณะปฏิบัติการ (working memory) ลดลง ทำให้มีปัญหาการระลึกคำ และการสะกดคำ นอกจากนี้ความบกพร่องของสมองน้อยยังส่งผลต่อความบกพร่องของการตระหนักรู้เสียงที่ส่งผลต่อการอ่านตามมา[19] (รูปที่ 1) สอดคล้องกับการศึกษาระยะยาว ชี้ให้เห็นว่าทักษะการเคลื่อนไหวอาจสามารถทำนายความเสี่ยงของความบกพร่องด้านการอ่านร่วมกับทักษะความสามารถในการรู้จักตัวอักษร การระลึกชื่อได้อย่างอัตโนมัติรวดเร็ว การตระหนักรู้ และการทำงานของสมองด้านการจัดการด้วย[11] จากผลการศึกษาในเด็กที่มีความเสี่ยงต่อความบกพร่องด้านการอ่านอายุ 18-24 เดือน ปรากฏว่าเด็กที่มีความเสี่ยงต่อความบกพร่องด้านการอ่าน มีความสามารถด้านการเคลื่อนไหวแตกต่างจากเด็กปกติ จะเห็นได้จาก เด็กมีพัฒนาการด้านกล้ามเนื้อมัดใหญ่และกล้ามเนื้อมัดเล็กล่าช้า ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการมีคำศัพท์ค่อนข้าง



รูปที่ 1 แบบจำลองการทำงานของสมองน้อยกับการอ่าน (ดัดแปลงจาก Nicolson และคณะ)[19]

น้อย และมีความยากในการสร้างประโยคยาวๆ[20] เมื่อวัดความสามารถเชิงพฤติกรรมและภาพถ่ายระบบประสาทปรากฏว่า ความผิดปกติของสมองน้อยตั้งแต่แรกเกิดโดยเฉพาะในช่วงอายุ 5 ปี ส่งผลให้มีความผิดปกติของการเคลื่อนไหว การเปล่งเสียง และการรับรู้เสียงพูด ทำให้เกิดความยากลำบากในการรับรู้เสียงและการเรียนรู้การอ่าน[19] จะเห็นได้ว่าการสูญเสียการทำงานของสมองน้อยมีผลต่อพัฒนาการด้านการเคลื่อนไหวล่าช้า และมีโอกาสเกิดปัญหาด้านการอ่านในเวลาต่อมา

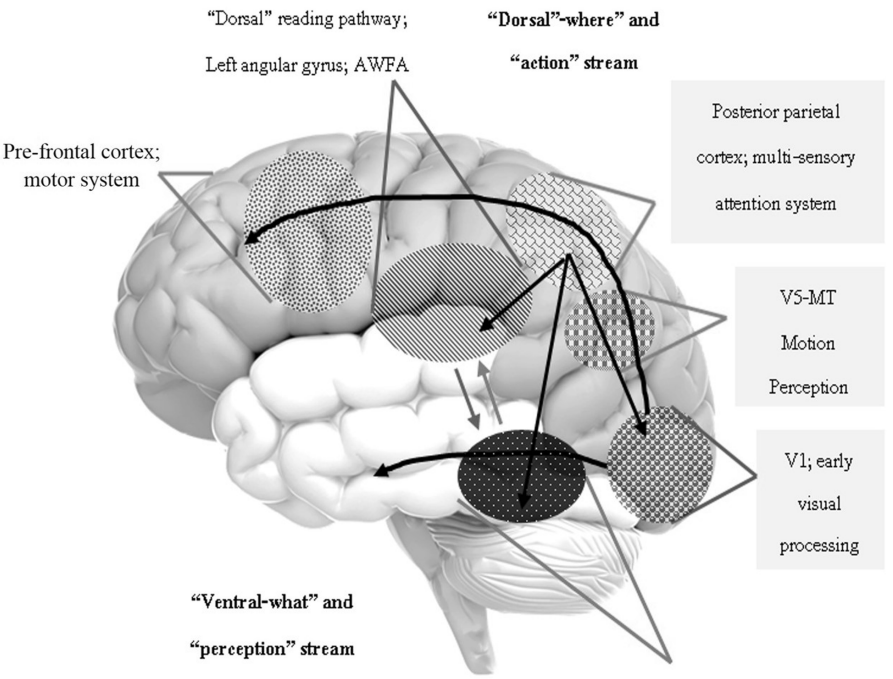
ทฤษฎีการรับรู้การมองเห็นกับความบกพร่องด้านการอ่าน

ทฤษฎีแมคโนเซลลูลาล์-ดอร์ซัล (the magnocellular-dorsal theory; M-D)

ในปี พ.ศ. 2535 เริ่มมีการนำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการรับรู้การมองเห็นของมนุษย์ หลังจากที่ข้อมูลถูกส่งออกจากสมองบริเวณส่วนหลัง (occipital lobe) โดยอธิบายว่า ระบบการรับรู้การมองเห็นสามารถแบ่งได้เป็น 2 เส้นทาง ได้แก่ เวนทรัล สตรีม (ventral stream) ส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนกลีบขมับ (temporal lobe) มีหน้าที่เกี่ยวกับการระบุและรู้จำวัตถุ (object identification and recognition) และดอร์ซัล สตรีม (dorsal stream) ส่งสัญญาณไปยังสมองกลีบข้าง (parietal lobe) ทำหน้าที่ในการรับรู้ตำแหน่งของวัตถุ และเชื่อมโยงความหมาย และเกิดการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนตามมา สอดคล้องกับทฤษฎีแมคโนเซลลูลาล์-ดอร์ซัล (magnocellular-dorsal; M-D) ที่นำมาใช้อธิบายความบกพร่องและปัญหาด้านการอ่าน[2,21-23]

ทฤษฎีแมคโนเซลลูลาล์-ดอร์ซัล อธิบายระบบประสาทการรับความรู้สึกทั้งการมองเห็นและการได้ยิน (visual and auditory) กลไกการทำงานของการรับรู้การมองเห็นเป็นกระบวนการทำงานของวิถีประสาท specific visual M-D ที่เริ่มต้นเมื่อรับภาพเข้าไป จะมีการทำงานของ gangalion cell บริเวณเรตินา เคลื่อนที่ผ่านชั้น M-layer ของ lateral genicultate nucleus (LGN) และไปแสดงผล ทำให้เกิดการรับรู้และแปลข้อมูลบริเวณสมองส่วนหลังและสมองกลีบข้าง ดังนั้นกระบวนการของวิถีประสาท M-D นี้ ทำให้รู้ได้ว่าความบกพร่องด้านการอ่านเกิดขึ้นเนื่องจากมีความผิดปกติของกระบวนการเคลื่อนไหวทางการมองเห็น (visual motion processing) จาก magnocells บริเวณ LGN บกพร่อง ต่อมาได้มีการสรุปแนวคิดเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของการรับรู้การมองเห็นและการได้ยินที่มีผลต่อความสามารถของการอ่าน โดยแบ่งเป็น 2 ระบบ ได้แก่ (1) “dorsal” auditory and phonological processing (auditory word from area) และ (2) “ventral” visual and orthographic processing (visual word form area; VWFA) เมื่อมีการรับข้อมูลจากกระบวนการมองเห็นบริเวณ visual area 1 (V1) จะส่งสัญญาณไปยังบริเวณ visual area 5 - middle temporal (V5-MT) ซึ่งเป็นบริเวณที่ควบคุมการรับรู้การเคลื่อนไหว (motion perception) ส่วนบริเวณสมองกลีบขมับส่วนหลัง (posterior parietal cortex) จะเป็นส่วนที่ควบคุมการเลือกที่จะสนใจต่อการรับความรู้สึกที่หลากหลาย และบริเวณสมองส่วนหน้า (pre-frontal cortex) เป็นบริเวณที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (motor control) รวมไปถึงส่วน Frontal Eye Fields ที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของตา การสนใจจดจ่อ และบริเวณสมองส่วนหน้าด้านล่าง (ventral pre-frontal gyrus) ที่ควบคุมการพูดและการเปล่งเสียง การทำงานร่วมกันนี้เกิดขึ้นบริเวณสมองซีกซ้าย[2] (รูปที่ 2)

กระบวนการอ่านอาศัยความสามารถทั้งการประมวลผลจากการมองเห็นและการได้ยินที่ทำงานร่วมกัน เมื่อเด็กมองเห็นตัวอักษรจะแปลข้อมูลที่ได้รับทางสายตาผ่านกระบวนการทำงานของสมอง และเปล่งเสียงออกมาเป็นเสียงอ่านในภาษาพูด ทำให้เด็กสามารถอ่านได้ หากเด็กมีปัญหาด้านการอ่านย่อมเป็นผลมาจากการมีความบกพร่องของการทำงานของวิถีประสาท M-D ร่วมด้วย การศึกษาการรับรู้การเคลื่อนไหวของการมองเห็น (visual motion perception) ในเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านเปรียบเทียบตามอายุ และความสามารถในการอ่านโดยอายุเฉลี่ยตั้งแต่ 8.46-11.13 ปี จากการทดสอบด้วยกิจกรรม Coherent Dot Motion (CDM task)



รูปที่ 2 วิถีประสาท Magnocellular-dorsal แสดงการเชื่อมโยงของการมองเห็น การรับรู้เสียง และกระบวนการอ่าน (ดัดแปลงจาก Gori และคณะ)[2]

ชี้ให้เห็นว่า เด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านมีความแม่นยำในการอ่านแต่ละระดับแตกต่างกัน และต่ำกว่ากลุ่มควบคุม เมื่อเปรียบเทียบกันทั้งอายุและความสามารถด้านการอ่าน[24] และจากการเปรียบเทียบการทำงานของสมองระหว่างเด็กปกติ กับเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน ปรากฏว่า การทำงานของวิถีประสาทการมองเห็นบริเวณ visual association areas แตกต่างกัน มีการทำงานเพิ่มขึ้นของเปลือกสมองด้านขวา (right-hemisphere) และลดการทำงานเชื่อมต่อกันของบริเวณ VWFA ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสร้างคำ และยังคงมีการทำงานของ anterior language regions บริเวณ the inferior frontal gyrus[25] นอกจากนี้ความสามารถในการรับรู้การเคลื่อนไหวของการมองเห็นที่จะต้องมีก่อนที่เด็กจะสามารถอ่านได้นั้น ยังสามารถทำนายความสามารถในการอ่านในเวลาต่อมาได้อีกด้วย[22] แม้แต่เด็กที่มีการลงรหัสการแปลอักษรเป็นเสียงไม่ดีก็ยังคงปรากฏว่าการทำงานของวิถีประสาท M-D มีความบกพร่องในระดับซับคอร์ติคัล (sub-cortical level) เช่น บริเวณ LGN ทำให้มีความบกพร่องการวิเคราะห์ศัพท์ (sub-lexical)[23] รวมทั้งความบกพร่องของการทำงานของวิถีประสาท M-D ยังส่งผลต่อความบกพร่องในการระลึกคำและการอ่านตัวอักษรที่เป็นภาพ เช่น ภาษาจีน อีกด้วย[26] ความเข้าใจการทำงานของวิถีประสาท M-D จะเป็นแนวทางออกแบบโปรแกรมหรือรูปแบบการช่วยเหลือได้อย่างเหมาะสมตั้งแต่เริ่มแรก

ทฤษฎีความบกพร่องด้านความใส่ใจ (the attention deficit theory)

การศึกษาความใส่ใจกับความบกพร่องด้านการอ่าน เริ่มมีการศึกษาเพิ่มมากขึ้นในปี พ.ศ. 2542 ผลการศึกษาปรากฏว่ากลไกของระบบประสาทมีผลต่อโครงสร้างการเลือกความใส่ใจและส่งผลต่อความสามารถ

ด้านการอ่าน[27] และจากการศึกษาการทำงานของภาพถ่ายรังสีสมองทั่วศีรษะ ปรากฏว่ามีการทำงานเชื่อมต่อกันของวิถีประสาทการมองเห็นบริเวณ visual associated areas และบริเวณ prefrontal attention areas[25] โดยเฉพาะการทำงานของสมองด้านขวาบริเวณ frontoparietal มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนความใส่ใจ (attentional shifting) และมีผลต่อความสามารถด้านการอ่าน นอกจากนี้ความบกพร่องของวิถีประสาท M-D ยังส่งผลต่อความบกพร่องด้านความใส่ใจเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์และเวลา (spatial and temporal attentional deficit) ซึ่งส่งผลให้เกิดความบกพร่องด้านการอ่านด้วย มีงานวิจัยค้นพบว่าความสามารถในการเปลี่ยนความใส่ใจส่งผลต่อการรับรู้ในการมองเพิ่มขึ้นได้ เช่น การค้นหาจากการมอง และเข้าใจการรวมกลุ่มความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ได้แก่ การเข้าใจเชื่อมโยงระหว่างตัวอักษรกับเสียง หรือการเข้าใจในส่วนย่อยจากสิ่งหนึ่งไปยังอีกสิ่งหนึ่ง ดังนั้นความบกพร่องในการเปลี่ยนความใส่ใจในการมองทำให้เกิดปัญหาด้านการอ่านได้ โดยทักษะความใส่ใจของเด็กปฐมวัยยังมีผลต่อความสามารถด้านการอ่านของเด็กในเวลาต่อมา[21] ดังนั้นความใส่ใจมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถด้านการอ่าน

ทฤษฎีการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (the visuospatial theory)

ความบกพร่องด้านการอ่าน เกิดได้จากความบกพร่องในการประมวลผลข้อมูลของสมองทั้งสองข้าง รวมทั้งความบกพร่องของการทำงานบริเวณสมองซีกขวาที่ทำหน้าที่ด้านการเคลื่อนไหวกับการมองเห็น และด้านการมองเห็นกับมิติสัมพันธ์ (visuomotor and visuospatial functions) การศึกษาปรากฏว่า เด็กที่มีปัญหาด้านการอ่านมีความยากลำบากในการควบคุมการเคลื่อนไหวของตาทั้งสองข้าง ซึ่งเกิดความผิดปกติบริเวณ right posterior parietal region และมีการเพิกเฉยภาพ/สัญลักษณ์ การละเลยการมองทางด้านซ้าย (left neglect) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเคลื่อนไหวกับการมองเห็นส่งผลต่อความสามารถด้านการอ่าน[28] ต่อมามีการยืนยันว่าเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านเกิดจากความบกพร่องของวิถีประสาท magnocellular ที่มีความสัมพันธ์กับความใส่ใจในการมองด้านมิติสัมพันธ์ (visual spatial attention)[29]

จากทฤษฎีเกี่ยวกับความบกพร่องด้านการอ่านแสดงให้เห็นว่าความบกพร่องด้านการอ่านเกิดขึ้นจากความบกพร่องของการรับรู้เสียง การเคลื่อนไหว การมองเห็น และความใส่ใจในการมอง จึงสรุปได้ว่า ความบกพร่องด้านการอ่านเกิดจากความบกพร่องจากการทำงานของสมองในหลายส่วนที่ทำงานประสานสัมพันธ์กัน ไม่ใช่เป็นเพียงความบกพร่องที่เกิดขึ้นเฉพาะจุดใดจุดหนึ่ง ดังนั้นกระบวนการช่วยเหลือหรือลดความเสี่ยงของความบกพร่องด้านการอ่านในเด็กจึงมีความซับซ้อน หลากหลาย และควรให้สอดคล้องกับการทำงานของสมอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน อาทิ แพทย์เฉพาะทางระบบประสาท สหวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง อาทิ นักกิจกรรมบำบัด มาวิเคราะห์ปัญหาความบกพร่องของการอ่านที่เกิดขึ้นกับเด็กเหล่านี้เป็นรายกรณี ยังเป็นกระบวนการสำคัญที่ควรจะให้การช่วยเหลือเด็กตั้งแต่ช่วงแรกๆ ของชีวิต เพื่อสนับสนุนให้เด็กสามารถอ่านหนังสือได้ตามวัย และลดการเกิดปัญหาการเรียนรู้ที่จะเกิดตามมา

กระบวนการรับรู้การมองเห็นเพื่อยับยั้งความบกพร่องด้านการอ่านในเด็ก

แนวทางการช่วยเหลือเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านมีหลากหลาย ตามแนวคิด ทฤษฎี และความเชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องทั้ง แพทย์ นักกิจกรรมบำบัด นักจิตวิทยา ครู หรือครูการศึกษาเป็นต้น โดยเฉพาะแนวคิดการรับรู้ความรู้สึก ทั้งการมองเห็น การได้ยิน และการรับรู้การเคลื่อนไหว[4] ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งความบกพร่องและการส่งเสริมทักษะสำคัญด้านการอ่านในเด็กตั้งแต่เริ่มแรกในมุมมอง แนวคิด ทฤษฎีของการรับรู้การมองเห็นที่นำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ โดยอาศัยองค์ความรู้ที่ปรากฏทางด้านประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience) และวิทยาการปัญญา (cognitive science) ซึ่งการช่วยเหลือตั้งแต่เริ่มแรก

จะทำให้สมองของเด็กมีการซ่อม สร้าง และเชื่อมโยงกันของระบบประสาท (neuro plasticity) ทำให้ลดปัญหาความบกพร่องด้านการอ่าน อันจะทำให้เด็กสามารถเรียนหนังสือ และมีคุณภาพชีวิตที่ดีต่อไปในอนาคต

การใช้แอกชั่น วิดีโอเกม (the action video game training)

แอกชั่น วิดีโอเกม (action video game) เป็นเกมชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเฉพาะ คือ มีความเร็ว กระตุ้นความเข้าใจ มีการจ้องมองติดตามการเคลื่อนไหว จดจำมีรูปแบบการเคลื่อนไหวหลากหลาย มีความรวดเร็วและมีเงื่อนไขของเวลา รวมทั้งยากที่จะคาดเดาเชิงมิติสัมพันธ์กับเวลา และสามารถกระตุ้นการรับรู้ได้หลากหลายด้าน[30] มีการนำแอกชั่น วิดีโอเกมมาใช้เพื่อเพิ่มความใส่ใจการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ และความจำของเด็กขณะทำกิจกรรม[31,32] รวมทั้งทำให้เกิดการเรียนรู้การเคลื่อนไหว (motor learning) นอกจากนี้ มีการนำแอกชั่น วิดีโอเกมมาใช้ช่วยแก้ไขปัญหาการรับรู้การมองเห็น โดยเฉพาะในเด็กที่มีความยากในการระลึกเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ หรือตัวอักษร ซึ่งเป็นการกระตุ้นการทำงานของวิถีประสาท M-D ทำให้ช่วยบรรเทาความยากลำบากในการอ่านได้[33]

Franceschini และคณะ[34] ได้นำเสนอการใช้แอกชั่น วิดีโอเกมเพื่อพัฒนาความสามารถในด้านการอ่าน พบว่าเมื่อให้เด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านอายุระหว่าง 7-13 ปี เล่นเกมลักษณะแอกชั่น วิดีโอเกม ครั้งละ 80 นาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำให้เด็กมีความสามารถด้านความใส่ใจดีขึ้น แตกต่างจากเด็กที่เล่นเกมแบบไม่ใช่แอกชั่น วิดีโอเกม (non action video game) และส่งผลให้ความสามารถด้านการอ่านเพิ่มขึ้นตามมาด้วย ต่อมามีการนำแอกชั่น วิดีโอเกม มาศึกษาในเด็กอายุระหว่าง 9.9-12.9 ปี ปรากฏว่าเด็กในกลุ่มทดลองที่เล่นแอกชั่น วิดีโอเกมมีความสามารถในการทำกิจกรรม CDM task ได้อย่างแม่นยำในการทวนคำที่ไม่มีความหมายและมีความสามารถด้านการรับรู้เสียงเพิ่มขึ้นหลังจากทำกิจกรรม[24] โดยการฝึกฝนผ่านการเล่นแอกชั่น วิดีโอเกมนี้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถด้านการอ่านโดยปราศจากการฝึกฝนผ่านกระบวนการรับรู้จากการตระหนักรู้การแปลตัวอักษรเป็นเสียงมาเกี่ยวข้อง[34] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบเกมต่างๆ ที่เกิดปฏิสัมพันธ์ขณะเล่นเกม และส่งผลต่อความใส่ใจในการมองของเด็กปฐมวัยอีกด้วย[35]

แอกชั่น วิดีโอเกม สามารถนำมาใช้เพิ่มความใส่ใจ การรับรู้การมองเห็น และความสามารถในการอ่าน แต่อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงความเหมาะสม ระยะเวลา และอายุของเด็กร่วมด้วย เนื่องจากการที่เด็กใช้คอมพิวเตอร์หรือดูโทรทัศน์อย่างไม่เหมาะสม ย่อมมีความเสี่ยงต่อความบกพร่องด้านการอ่านด้วยเช่นกัน[36] รวมทั้งควรมีการสนับสนุนและส่งเสริมการรับรู้ของระบบประสาทการรับความรู้สึกที่หลากหลาย ทั้งการได้ยิน การมองเห็น และการเคลื่อนไหว

แนวทางการศึกษาในอนาคตสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน

จากการค้นคว้างานวิจัยดังกล่าว ปรากฏว่าความบกพร่องด้านการอ่านเกิดจากหลายสาเหตุ เป็นความบกพร่องของสมองในหลายส่วน และมีการนำแนวคิดการประมวลผลการรับรู้ด้านการมองเห็นเป็นแนวทางการพัฒนาหรือออกแบบโปรแกรมลดความเสี่ยงต่อความบกพร่องด้านการอ่านอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการนำความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมาใช้เพื่อออกแบบโปรแกรมให้น่าสนใจและท้าทาย อย่างไรก็ตามจากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการศึกษาในบริบทสังคมตะวันตก แต่ความสามารถด้านการอ่านเป็นสิ่งที่มีข้อจำกัดด้านภาษาและวัฒนธรรม จะเห็นได้จากรูปแบบการเขียนและการอ่านภาษาไทย ไม่ใช้ช่องไฟระหว่างคำ มีวรรณยุกต์และสระในตำแหน่งด้านบนและด้านล่างของตัวอักษร ซึ่งแตกต่างจากภาษาอังกฤษ ดังนั้นการวิจัยเกี่ยวกับเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านเพิ่มเติมในหลากหลายวัฒนธรรม และหลากหลายภาษายังคงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ รวมทั้งการประยุกต์แนวคิดพื้นฐาน เช่น การได้ยิน การเคลื่อนไหว มาพัฒนาโปรแกรม จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย

สรุป

การศึกษาเกี่ยวกับเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน มีการค้นคว้า วิจัย และพัฒนาแนวคิด รวมถึงข้อค้นพบทฤษฎีใหม่มาอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการนำเทคโนโลยีและความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์มาบูรณาการร่วมกันระหว่างสหวิชาชีพทั้งจิตวิทยา ประสาทวิทยาศาสตร์ การศึกษา และภาษาศาสตร์ เพื่อให้การศึกษาวิจัยมีความลุ่มลึกและครอบคลุมในหลากหลายมิติ ทำให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของกระบวนการทำงานของสมอง กระบวนการทางปัญญา และความบกพร่องด้านการอ่านของเด็กชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Sridama V, Sangkhavasi K, Paoin W, et al. International statistical classificationof diseases and related health problems ICD-10-TM [monograph on the Internet]. Bangkok: WVO office of Printing Mill; 2016 [cite 2016 Feb 19]. Available from: http://thcc.or.th/ebook5/2014/index.html
2. Gori S, Facoetti A. Perceptual learning as a possible new approach for remediation and prevention of developmental dyslexia. Vis Res 2014; 99: 78 - 87.
3. Stein J. Dyslexia: the role of vision and visual attention. Curr Dev Disord Rep 2014; 1: 267 - 80.
4. American Psychiatric Association, Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 5th ed. Washington, DC: American Psychiatric Association; 2013.
5. Milne D. Teaching the brain to read. New Soulth Wales: Smart Kids; 2005.
6. Shaywitz SE. Dyslexia. N Engl J Med 1998; 338: 307 - 12.
7. Vlachos F, Avramidis E, Dedousis G, et al. Prevalence and gender ratio of dyslexia in Greek adolescents and its Aasociation with parental history and brain injury. Am Educ Res J 2013; 1: 22 - 5.
8. Roongpraiwan R, Ruangdaraganon N, Visudhiphan P, et al. Prevalence and clinical characteristics of dyslexia in primary school students. J Med Assoc Thai 2002; 85: S1097 - 103.
9. Soongprasit M, Wisuttisiri K. Prevalence of dyslexia in juvenile detention. J Psychiatr Assoc Thailand 2006; 51: 229 - 37.
10. The Persons with Disabilities Education Act B.E. 2551. (2552, 8 June). The Government Gazette 126; 80: 45-47 [in Thai].
11. Thompson PA, Hulme C, Nash HM, et al. Developmental dyslexia: predicting individual risk. J Child Psychol Psychiatry 2015; 56: 976 - 87.
12. Liao CH, Kuo BC, Deenang E, et al. Exploratory and confirmatory factor analyses in reading-related cognitive component among grade four students in Thailand. Educ Psychol 2015; 36: 1 - 17.
13. Nash HM, Hulme C, Gooch D, et al. Preschool language profiles of children at family risk of dyslexia: continuities with specific language impairment. J Child Psychol Psychiatry 2013; 54: 958 - 68.
14. Hulme C, Snowling MJ. Developmental disorders of language learning and cognition: John Wiley & Sons; 2009.
15. Hämäläinen JA, Lohvansuu K, Ervast L, et al. Event-related potentials to tones show differences between children with multiple risk factors for dyslexia and control children before the onset of formal reading instruction. Int J Psychophysiol 2015; 95: 101 - 12.
16. Tallal P. Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. Brain Lang 1980; 9: 182 - 98.
17. Marshall CM, Snowling MJ, Bailey PJ. Rapid auditory processing and phonological ability in normal readers and readers with dyslexia. J Speech Lang Hear Res 2001; 44: 925 - 40.
18. Galuschka K, Ise E, Krick K, et al. Effectiveness of treatment approaches for children and adolescents with reading disabilities: a meta-analysis of randomized controlled trials. PLoS ONE 2014; 9: e89900.
19. Nicolson RI, Fawcett AJ, Dean P. Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. Trends Neurosci 2001; 24: 508 - 11.

20. Viholainen H, Ahonen T, Cantell M, et al. Development of early motor skills and language in children at risk for familial dyslexia. Dev Med Child Neurol 2002; 44: 761 - 9.
21. Franceschini S, Gori S, Ruffino M, et al. A causal link between visual spatial attention and reading acquisition. Curr Biol 2012; 22: 814 - 9.
22. Vidyasagar TR, Pammer K. Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. Trends Cogn Sci 2010; 14: 57 - 63.
23. Gori S, Cecchini P, Bigoni A, et al. Magnocellular-dorsal pathway and sub-lexical route in developmental dyslexia. Front Hum Neurosci 2014; 8: 460.
24. Gori S, Seitz AR, Ronconi L, et al. Multiple causal links between magnocellular-dorsal pathway deficit and developmental dyslexia. Cereb Cortex 2015; bhv206: 1 - 14.
25. Finn ES, Shen X, Holahan JM, et al. Disruption of functional networks in dyslexia: a whole-brain, data-driven analysis of connectivity. Biol Psychiatry 2014; 76: 397 - 404.
26. Zhao J, Qian Y, Bi HY, et al. The visual magnocellular-dorsal dysfunction in Chinese children with developmental dyslexia impedes Chinese character recognition. Sci Rep 2014; 4: 1 - 7
27. Vidyasagar TR, Pammer K. Impaired visual search in dyslexia relates to the role of the magnocellular pathway in attention. Neuroreport 1999; 10: 1283 - 7.
28. Stein J. Visuospatial perception and reading problems. Irish J Psychol 1989; 10: 521 - 33.
29. Wright C, Conlon E, Dyck M. Visual search deficits are independent of magnocellular deficits in dyslexia. Ann of Dyslexia 2012; 62: 53 - 69.
30. Green CS, Li R, Bavelier D. Perceptual learning during action video game playing. Top Cogn Sci 2010; 2: 202 - 16.
31. Green CS, Li R, Bavelier D. Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. J Exp Psychol-Hum Percept Perform 2006; 32: 1465 - 78.
32. Green CS, Li R, Bavelier D. learning, attentional control, and action video games. Curr Biol 2012; 22: R197 - 206.
33. Gori S, Facoetti A. How the visual aspects can be crucial in reading acquisition: the intriguing case of crowding and developmental dyslexia. J Vis 2015; 15: 1 - 20.
34. Franceschini S, Gori S, Ruffino M, et al. Action video games make dyslexic children read better. Curr Biol 2013; 23: 462 - 6.
35. Facoetti A, Franceschini S, Gaggi O, et al, editors. Multiplatform games for Dyslexia identification in preschoolers. Processing of 11th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC, 2014); 2014 Jan 10-13; Las Vegas, Nevada, USA. New Jersey: IEEE; 2014.
36. He Z, Shao S, Zhou J, et al. Does long time spending on the electronic devices affect the reading abilities? A cross-sectional study among Chinese school-aged children. Res Dev Disabil 2014; 35: 3645 - 54.