

Is it an Appropriate Time to Apply 5G Technology in Anesthesia?

Tassanee Jaiyen*, Papiroon Noitasaeng*, Pongsagon Vichitvejpaisal**, Phongthara Vichitvejpaisal*§

*Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand,

**Digital Technology Program, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand

Siriraj Medical Bulletin 2021; 14(2): 28-36

Abstract

The 5G technology has the capacity to impact the Internet of Things. It will help enabling cellular wireless information reliability and security, and have the potential to offer connection power with broad bandwidths. It transfers massive content without network faults and downtime but low latency, access to near real-time fashion. In medical field, 5G technology plays a role as a ubiquitous platform to integrate and manage networks, devices, applications and multiple connectivity wherever and whenever possible. By means of high-quality and live-stream video, remote patient monitoring including administering and adjusting medication based on collecting and analyzing patients' data, helps physicians make faster, more informed decisions. In addition, the technology has the capacity to enhance video conferencing, improve online consultations, and even help support remote procedures and robotic surgeries.

Wireless medical education or articles retrieval can use any other less expensive technologies. However, the 5G innovation should be applied on anesthesia practice as far as network infrastructure and sophisticated medical devices that hook up to the internet of things are concerned.

Keywords: cellular wireless technology; 5G technology; anesthesia

§Correspondence to: Phongthara Vichitvejpaisal

Email: phongthara@gmail.com

Received: 15 October 2020

Revised: 9 February 2021

Accepted: 10 February 2021

<http://dx.doi.org/10.33192/Simedbull.2021.14>

ถึงเวลาเหมาะสมหรือยัง ที่จะปรับใช้เทคโนโลยี-5จี ในงานระงับความรู้สึก

กศณีย์ ใจเย็น*, พาพิรุณ น้อยตาแสง*, พงศกรณ์ วิจิตเวชไพศาล**, พงศ์ธรา วิจิตเวชไพศาล**

*ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, **หลักสูตรดิจิทัลเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

การเชื่อมต่อโครงข่ายด้วยเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในเทคโนโลยี-5จี เพิ่มความมั่นคงทางสารสนเทศในการเชื่อมต่อสัญญาณเครือข่ายแบบไร้สาย ด้วยพื้นที่ช่องสัญญาณในการส่งผ่านข้อมูลที่กว้างขวาง ข้อมูลจำนวนมากสามารถส่งไหลอย่างรวดเร็วจึงสามารถเชื่อมต่อได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยความล่าช้าที่น้อยมาก จนการรับข้อมูลเกือบจะเป็นเวลาเดียวกัน ในวงการแพทย์ เทคโนโลยี-5จีมีบทบาทเป็นเหมือนสถานีที่รองรับการขยายตัวของสารสนเทศทุกรูปแบบ การบริหารจัดการการเชื่อมต่อเครือข่ายอุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย ซึ่งไม่จำกัดเวลาและสถานที่ โดยผ่านวิธีที่ส่งคุณภาพสูงในการถ่ายทอดสด การเฝ้าดูแลผู้ป่วยระยะไกล ถือเป็นการตรวจรักษาที่ได้จากการเก็บวิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วย สามารถช่วยให้แพทย์ตัดสินใจและให้การรักษได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ การประชุมหรือการให้คำปรึกษาทางไกล สามารถให้คำแนะนำในหัตถการต่างๆ หรือควบคุมหุ่นยนต์ในการผ่าตัดได้

งานทางด้านแพทยศาสตรศึกษา การค้นคว้าเอกสารบทความงานวิจัย อาจเลือกใช้เทคโนโลยีอื่นที่มีราคาถูกกว่าทดแทนได้ แต่ทางด้านเวชปฏิบัติในงานระงับความรู้สึก ความจำเป็นของโครงสร้างพื้นฐานและการเชื่อมโยงอุปกรณ์ทางการแพทย์กับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตต้องอาศัยคุณลักษณะที่ครบถ้วนของนวัตกรรมในเทคโนโลยี-5จี

คำสำคัญ: เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย; เทคโนโลยี-5จี; งานระงับความรู้สึก

บทนำ

มนุษย์เป็นสัตว์สังคม ที่ในอดีต การพูดคุยสื่อสารตอบสนอง สามารถส่งสัญญาณวิทยุข้ามช่องแคบระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศสได้สำเร็จ เรื่องราวความอยากรู้อยากเห็นที่เกิดขึ้นระหว่างคนสองคนที่ใกล้ชิด ในปี พ.ศ.2442¹ กัน ได้ทิ้งระยะห่างออกไปเรื่อยๆ เมื่ออเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ (Alexander Graham Bell) นักประดิษฐ์ชาวอเมริกัน สัญชาติ สกอตแลนด์ (ปีพ.ศ. 2390-2465) ได้ประดิษฐ์โทรศัพท์ขึ้นในปี พ.ศ. 2419¹ และกุกลีเอลโม มาร์โคนี (Guglielmo Marconi) นักฟิสิกส์ ชาวอิตาลี (ปีพ.ศ.2417-2480) ผู้สนใจการส่งคลื่นไฟฟ้าในบรรยากาศ พัฒนาทั้งโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ในทุกมิติ ส่งผลให้เกิด การสื่อสารไร้พรมแดน ที่ใครๆ ก็สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลส่วนกลางที่ มากมายมหาศาล (big data) ได้อย่างอิสระ สู่เทคโนโลยีแห่งข้อมูล (data technology) ยิ่งไปกว่านั้น การเชื่อมต่อโครงข่ายด้วยเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

(Internet of Things, IoT) ทำให้การสื่อสารของมนุษย์ที่อยู่คนละซีกโลก มีโอกาสกลับมาใกล้ชิดกันอีกครั้งหนึ่ง ที่ใครๆก็สามารถพูดคุยโต้ตอบกันได้¹⁻²

เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Cellular wireless technology)

การติดต่อสื่อสารกลายเป็นส่วนสำคัญของการดำรงชีวิตในสังคมมนุษย์ การสื่อสารในระบบคู่สาย เช่น โทรศัพท์บ้านกลายเป็นเรื่องล้าสมัย ไม่ทันต่อพฤติกรรมของมนุษย์ในการนึกคิดตัดสินใจ นำไปสู่นวัตกรรมเครือข่ายแบบไร้สาย เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือ (mobile phone) ซึ่งถูกผลิตและจำหน่ายเป็นครั้งแรกในปีพ.ศ. 2516 โดย มาร์ติน คูเปอร์ (Martin Cooper) แห่งบริษัทโมโตโรลา ด้วยน้ำหนักประมาณ 1.1 กิโลกรัมและราคาร่วมแสนบาท¹

โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้พัฒนาเปลี่ยนรูปแบบอย่างรวดเร็วไปอย่างสิ้นเชิง จากโทรศัพท์ที่เคยใช้เพียงโทรออกและรับสาย เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่เรียกว่า สมาร์ทโฟน (smart phone) ซึ่งนอกจากจะมีคุณสมบัติพื้นฐานทั่วไปของโทรศัพท์แล้ว ยังสามารถใช้เป็นตารางนัดหมาย นาฬิกา ปฏิทิน กล้องถ่ายภาพ วิดีโอโทรศัพท์ เครื่องมือนำทาง และการใช้งานอินเทอร์เน็ตด้วยแอปพลิเคชันใหม่ๆ สมาร์ทโฟนจึงมีประวัติความเป็นมาที่น่าสนใจ ซึ่งได้รับการบูรณาการอย่างต่อเนื่องรุ่นแล้วรุ่นเล่า (generation, G)²

เทคโนโลยี-1จี (1G) เริ่มต้นในปีพ.ศ.2523 ที่ประเทศญี่ปุ่น โดยอาศัยคลื่นสัญญาณวิทยุ เรียกว่า อนาล็อก (analog) และการส่งข้อความสั้นๆ (short message service, SMS) ในปีพ.ศ.2534 เทคโนโลยี-2จี (2G) เริ่มต้นที่ประเทศฟินแลนด์ โดยอาศัยคลื่นไมโครเวฟซึ่งมีย่านความถี่กว้างกว่าคลื่นวิทยุ ส่งผ่านข้อมูลด้วยการเข้ารหัส 0, 1 เรียกว่า ดิจิทัล (digital) จัดเก็บข้อมูลใน Subscriber identification module (SIM) card สามารถส่งสารสนเทศแบบ SMS และ MMS (multimedia messaging service) ต่อมาในปีพ.ศ.2544 เทคโนโลยี-3จี (3G) ถูกนำไปใช้

ในทุกสถานที่ ที่มีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยไม่ต้องเข้ารหัส และในปี พ.ศ.2551 ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี-4จี (4G) ซึ่งรับและส่งข้อมูลเร็วกว่าระบบ-3จี 10 เท่า ด้วยความคมชัดที่มีความละเอียดสูง (High Definition, HD) ระบบ-4จีที่ให้บริการได้แก่ Long Term Evolution (LTE) และ Worldwide Interoperability of Microwave Access (Wi-Max) และในปีพ.ศ.2559 เป็นการเริ่มต้นของเทคโนโลยี-5จี (5G) อุปกรณ์ที่สามารถเชื่อม IoT ได้อย่างสมบูรณ์ มีความล่าช้าหรือความหน่วงของเวลา (latency) ลดลงกว่า 5 เท่า จึงสามารถประมวลผลหรือถ่ายโอนข้อมูลคราวละมากๆ ได้เกือบทันที (real-time fashion) สามารถขยายเครือข่ายรองรับการเพิ่มขึ้นของข้อมูลปริมาณมหาศาลและแอปพลิเคชันใหม่ๆ รองรับจำนวนผู้ใช้งานได้ประมาณ 1 ล้านคนต่อพื้นที่หนึ่งตารางกิโลเมตร ด้วยความเชื่อมั่นและความปลอดภัยสูงสุด (ultra-reliable communication) ระบบ-5จีที่ให้บริการได้แก่ Wireless World Wide Web (WWW)³⁻⁵

เทคโนโลยี-5จี⁴⁻⁵

เมื่อเทียบกับเทคโนโลยี-4จี ระบบไวไฟ หรือสัญญาณบลูทูธ เทคโนโลยี-5จี เป็นเทคโนโลยีที่มีความมั่นคงในการเชื่อมต่อสัญญาณเครือข่าย (reliability and security) โดยแทบจะไม่มีผลผิดพลาดหรือการล่มของระบบสัญญาณเลย (network faults and downtime) มีความหน่วงของเวลาในการบริหารข้อมูลน้อยมาก ด้วยพื้นที่ช่องสัญญาณในการส่งผ่านข้อมูลที่กว้างขวาง (bandwidth-data) ข้อมูลจำนวนมหาศาลจึงสามารถส่งไหลอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง จนแทบจะเป็นเวลาเดียวกัน (real-time streaming) สามารถรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ได้จำนวนมาก มีความเป็นส่วนตัวและการรักษาความลับขั้นสูง เทคโนโลยี-5จีจึงเหมาะกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น การเรียนการสอน การประชุมหรือการให้คำปรึกษาทางไกลที่ต้องการความรวดเร็วและความถูกต้องสมบูรณ์แบบ

เทคโนโลยี-5จีในประเทศไทย

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่รุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว ได้หล่อหลอมกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ประเทศไทยต้องประกาศนโยบายไทยแลนด์ 4.0 (Thailand 4.0)⁶ เพื่อพัฒนาโครงสร้างเศรษฐกิจจากเดิมที่เน้นการผลิตโดยพึ่งพาอาศัยแรงงาน เครื่องจักรและทรัพยากร ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี นวัตกรรมและการบริการ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) โดยมุ่งเน้น 5 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ กลุ่มอาหาร เกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ (food, agriculture & bio-tech) กลุ่มสาธารณสุข สุขภาพและเทคโนโลยีทางการแพทย์ (health, wellness & bio-med) กลุ่มเครื่องมืออุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์และเครื่องกลที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Smart Devices, Robotics & Mechatronics) กลุ่มดิจิทัล การเชื่อมโยงสรรพสิ่งด้วยเครือข่าย อินเทอร์เน็ต ปัญญาประดิษฐ์ และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (digital, Internet of Things, Artificial Intelligence & embedded technology) ตลอดจนกลุ่มสร้างสรรค์ วัฒนธรรม และบริการที่มีมูลค่าสูง (Creative, Culture & High Value Services) โดยแต่ละกลุ่มมีการติดต่อประสานความร่วมมือกันเพื่อบรรลุพันธกิจที่ได้วางไว้ ด้วยโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญคือ เทคโนโลยีการสื่อสารเครือข่ายไร้สาย⁶

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) จึงได้จัดประมูลคลื่นความถี่ สำหรับพัฒนาเครือข่ายระบบ-5จี เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 ด้วยเงินลงทุนโครงข่ายที่สูงกว่าระบบ-4จี ถึง 1.8 เท่า ในขณะที่อุปกรณ์รองรับภายในประเทศยังมีข้อจำกัดและอาจต้องใช้เวลาอีก 4-5 ปี กว่า IoT จะครอบคลุมทั่วประเทศ⁷ อย่างไรก็ตาม ได้เริ่มมีการนำแนวคิดเทคโนโลยี-5จี มาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ อาทิ

การวางผังเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ที่มี Closed Circuit Television (CCTV) ตรวจจับใบหน้าบุคคลที่เข้ามาในพื้นที่ มีระบบ Vessel Tracking Management System (VTMS) ติดตามข้อมูลของ

ผู้โดยสารและเส้นทางการเดินเรือ มี Smart Water Meter ควบคุมการใช้น้ำประปา พร้อมตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำภายในอาคารที่พักอาศัย⁸

ภาคอุตสาหกรรมอัจฉริยะ (Smart Industry) เป็นการบริหารจัดการเพื่อช่วยลดต้นทุน ประหยัดวัตถุดิบในกระบวนการผลิต เพิ่มคุณภาพด้วยการจัดการคลังสินค้า ลดความเสี่ยงจากเครื่องจักรที่มีอันตรายสูง กำหนดเส้นทางและตำแหน่งยานพาหนะในการขนส่งสินค้า ใช้รถบรรทุกไร้คนขับหรือโดรน (drone) ที่สามารถปรับทิศทางด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ การควบคุมสายงานการผลิตรถยนต์ เคมีภัณฑ์ที่มีพิษ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก โดยหุ่นยนต์ที่สามารถเชื่อมต่อประสานงานกันเองด้วยปัญญาประดิษฐ์⁹

อัจฉริยะเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ (Smart Recreation) ด้วยโปรแกรม 360 Virtual Tour ผู้คนสามารถเดินทางท่องเที่ยวไปตามสถานที่ต่างๆ หรือเลือกชมสินค้าในห้างชั้นนำทั่วโลก การฉายภาพ Hologram 3 มิติ จะช่วยนำเสนอสิ่งต่างๆ ที่อยู่ห่างไกล ให้มาปรากฏอยู่ตรงหน้าได้อย่างง่ายดาย (shared mixed reality, SMR)¹⁰⁻¹¹

เทคโนโลยี-5จีทางการแพทย์

เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมภาคอื่นๆ การบริหารข้อมูลสารสนเทศทางการแพทย์ยังก้าวไปได้ค่อนข้างช้า เพราะบุคลากรทางการแพทย์ส่วนใหญ่ ยังเคยชินกับการใช้กระดาษในการบันทึกข้อมูลด้วยขั้นตอนการทำงาน (workflow) ที่ยุ่งยากซับซ้อน ภายใต้กฎข้อบังคับมากมาย อีกทั้งขาดผู้รู้ ผู้เชี่ยวชาญและความเข้าใจในการวางระบบ (implementation) ตลอดจนงบประมาณเพื่อการวางแผนในระยะยาว

ความก้าวหน้าทางการแพทย์และการขยายตัวของประชากรโลก ทำให้ค่าใช้จ่ายทางด้านสาธารณสุขเพิ่มขึ้นอย่างมากมหาศาล การนำเทคโนโลยี-5จีมาใช้ จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการรองรับการบริการทางการแพทย์ การบริหารจัดการทรัพยากรที่มีจำกัด ซึ่งรวมทั้งบุคลากร ทรัพยากร เวชภัณฑ์และโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประมาณการว่าในระดับโลก เทคโนโลยี-5จีจะสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในอุตสาหกรรมการดูแลสุขภาพได้ถึง 94 พันล้านเหรียญสหรัฐ และผู้ป่วยสามารถเข้าถึงบริการได้เพิ่มขึ้นเกือบพันล้านคนภายในปี พ.ศ. 2573⁵ โดยมีหลักการที่น่าสนใจ คือ เทคโนโลยี-5จีมีบทบาทเป็นเหมือนสถานีที่รองรับการขยายตัวของสารสนเทศทุกรูปแบบ (A ubiquitous platform)⁵ ประสานวิทยาการคอมพิวเตอร์จากทุกสาขาวิชา บริหารจัดการการเชื่อมต่อเครือข่ายอุปกรณ์ ตลอดจนแอปพลิเคชันที่มีความหลากหลาย ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ โดยผ่านวิทัศน์คุณภาพสูงในการถ่ายทอดสด เพื่อเฝ้าดูแลผู้ป่วยระยะไกล (remote patient monitoring)⁵ เป็นการตรวจรักษาที่ได้จากการเก็บวิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วย ทำให้ทุกจุดบริการทางการแพทย์ มีศักยภาพเป็นศูนย์รวมความเชี่ยวชาญ สามารถให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ (one-stop service) แม้มีทรัพยากรจำกัด (limited resources) เน้นการป้องกันสุขภาพมากกว่าการรักษา ย่นระยะเวลาการรอคอย การนอนพักค้าง การครองเตียง (Delayed Transfer of Care, DTOC) การนัดหมาย ความรวดเร็วในการเข้าถึงบริการ (accessibility) การส่งต่อแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ตลอดจนลดระยะเวลาการทำงานของแพทย์ในการตรวจเยี่ยมผู้ป่วย (ward round) สามารถช่วยให้แพทย์ตัดสินใจและให้การรักษาได้เร็วขึ้น

นอกจากนี้ การประชุมหรือการให้คำปรึกษา (virtual consultations) สามารถครอบคลุมพื้นที่บริการทางการแพทย์ได้อย่างกว้างขวาง ด้วยความมั่นคง เชื่อมั่น ปลอดภัย ในการให้คำแนะนำในหัตถการต่างๆ หรือควบคุมหุ่นยนต์ในการผ่าตัดได้ หรือการประสานงานกับหน่วยส่งต่อผู้ป่วย (connected ambulances)⁵ กับห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาล หรือศูนย์ควบคุมพิบัติภัย ช่วยให้แพทย์สามารถให้คำชี้แนะกับบุคลากรทางการแพทย์ (paramedics) ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น หรือการตรวจร่างกายเท่าที่จำเป็นในระหว่างการเคลื่อนย้ายนำส่งตัวผู้ป่วย เช่นการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ หรือการวินิจฉัยด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (ultrasound) พร้อมส่งข้อมูลให้แพทย์เพื่อการวางแผนรองรับต่อไป

เทคโนโลยี-5จีกับงานระดับความรู้สึก

แม้ขณะนี้ยังไม่มีให้นำเทคโนโลยี-5จี มาใช้อย่างเต็มรูปแบบ แต่ก็ได้มีการนำอุปกรณ์ติดตามตัวผู้ป่วยมาใช้กันแล้ว ในงานอายุรกรรม ศัลยกรรมและงานระดับความรู้สึก โดยผ่านระบบ LTE เช่น แอปพลิเคชัน Diabetacare^{7,12} ที่ใช้ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดแบบ 24/7 คือสัปดาห์ละ 7 วันตลอดเวลา 24 ชั่วโมง หรือแอปพลิเคชัน Babylon Health¹³ ที่ให้คำปรึกษาแพทย์ทางไกลผ่านทางวิดีโอ หรือการนำหุ่นยนต์ปัญญาประดิษฐ์มาดูแลผู้ป่วย ผู้สูงอายุ หรือช่วยในงานผ่าตัด ที่สามารถส่งผ่านข้อมูลพร้อมการประมวลผล สัญญาณชีพ คลื่นไฟฟ้าสมอง ผลการตรวจ ฯลฯ ได้อย่างละเอียด ถูกต้อง และรวดเร็ว

ในปีพ.ศ.2541 วิสัญญีแพทย์แห่งโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย ในเมืองโตรอนโต ประเทศแคนาดา ได้ทดลองนำร่องใช้ Telemedicine เพื่อให้คำปรึกษาข้อมูลเบื้องต้นกับผู้ป่วยก่อนการผ่าตัด พร้อมตรวจร่างกายกับผู้ป่วยที่อยู่ทางไกลทางตอนเหนือของประเทศ ผ่านกล้องวิดีโอที่มีพยาบาลที่อยู่ดูแลผู้ป่วยเป็นผู้วาง digital stethoscope ในตำแหน่งที่วิสัญญีแพทย์ต้องการ เพื่อฟังเสียงหัวใจและปอด ประเมินการทำงานของระบบหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือดของผู้ป่วย¹⁴

ในปีพ.ศ.2550 วิสัญญีแพทย์แห่งโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย ในเมืองจันตีครห์ ประเทศอินเดีย ได้พัฒนา Pharmacological robots for anesthesia เพื่อช่วยบริหารยาระดับความรู้สึก โดยอาศัยโปรแกรมซึ่งประกอบด้วย ระบบการประมวลผล (brain of system) ส่วนควบคุมการหลับ (hypnosis monitor) ด้วย bispectral index (BIS) และส่วนบริหารยา (infusion pump) เรียกรวมว่า Closed-Loop Anesthesia Delivery System (CLADS) วิสัญญีแพทย์มีหน้าที่เพียงป้อนข้อมูลผู้ป่วยและกำหนดค่า BIS ที่ต้องการ ผลการศึกษาพบว่า CLADS ช่วยทำให้ผู้ป่วยฟื้นตัวได้เร็วกว่าการบริหารยาระดับความรู้สึกวิธีปกติ ด้วยระยะเวลาและปริมาณยาน้อยกว่า¹⁵

ในปีพ.ศ.2551 ศูนย์สุขภาพแห่งมหาวิทยาลัยแมคกิลล์

ประเทศแคนาดา (McGill University Health Centre, Canada) ได้สร้างหุ่นยนต์ McSleepy ที่สามารถควบคุมระดับการหลับ (hypnosis) หรือการหย่อนตัวของกล้ามเนื้อ (muscle relaxation) หรือการระงับปวด (analgesia) ขึ้นตอนใดขึ้นตอนหนึ่ง โดยวิสัญญีแพทย์เป็นผู้บันทึกข้อมูลผู้ป่วย เช่น อายุ, น้ำหนัก, ส่วนสูง, ASA class, ประเภทของการผ่าตัด ยาบางชนิดที่มีผลต่อร่างกาย พร้อมระบุขึ้นตอนระยะของการผ่าตัด เช่น เวลาเตรียมการ (preparation) เวลาลงมีดผ่าตัด (incision) หรือเวลา ก่อนเสร็จสิ้นการผ่าตัดในอีก 20 นาทีข้างหน้า¹⁶

ในปีพ.ศ.2556 Johnson & Johnson ได้ใช้หุ่นยนต์ช่วยในการบริหารการระงับความรู้สึก เรียกว่า SEDASYS¹⁷ กับผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจทางเดินอาหารส่วนต้น (esophagogastro-duodenoscopy, EGD) หรือตรวจลำไส้ใหญ่ (colonoscopy) ภายใต้การควบคุมดูแลจากวิสัญญีแพทย์หรือวิสัญญีพยาบาล โดยที่เครื่องสามารถติดตามสัญญาณชีพของผู้ป่วย รวมทั้งมีอุปกรณ์ตรวจจับการขยับข้อมือของผู้ป่วยตามเสียงที่เครื่องส่งผ่านหูฟังที่ใส่ไว้ในหูของผู้ป่วย เพื่อประเมินและปรับขนาดยาหรือเพิ่มปริมาณการไหลของออกซิเจนตามการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ ที่วัดได้เอง แม้ว่าจะได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาของอเมริกา (FDA) และสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้มาก แต่เพราะมีผลกระทบตอพบาทของบุคลากรทางวิสัญญี ส่งผลให้ไม่ได้รับความนิยม ยอดการขายตกต่ำจนทำให้บริษัทประกาศยกเลิกการทำตลาดในช่วงต้นปี พ.ศ.2559

ในเวลาต่อมา วิสัญญีแพทย์แห่งโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยในเมืองบอร์โด ประเทศฝรั่งเศส (Bordeaux, France) ได้พัฒนาโปรแกรม Hybrid Sedation System (HSS) เพื่อการบริหารยา propofol ทางหลอดเลือดดำ แบบ closed-loop system ด้วยการเฝ้าระวังสัญญาณชีพ ได้แก่ ความดันโลหิต คลื่นไฟฟ้าหัวใจและชีพจร ความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดแดง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงสิ้นสุดลมหายใจออก อัตราการหายใจและระดับความลึกของการสลบที่วัดได้จากคลื่นไฟฟ้าสมอง พร้อมส่งสัญญาณเตือนด้วยรูปภาพและเสียง เมื่อ

เกิดภาวะวิกฤตในระบบหายใจและการไหลเวียนเลือด¹⁸

ในปีพ.ศ.2557 ภาควิชาวิสัญญีวิทยา มหาวิทยาลัย Michigan สร้างระบบ AlertWatch¹⁹ เพื่อรวบรวมข้อมูลสำคัญต่างๆ มาไว้ในหน้าจอเดียว เพื่อลดความล่าช้าจากการทำงานของบุคลากรทางวิสัญญีระบบได้รับการรับรองโดย FDA มีการจัดเก็บข้อมูลผู้ป่วยในรูปแบบเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Medical Record, EMR) ทำให้ประหยัดเวลาในการซักประวัติและการค้นหาข้อมูลในด้านต่างๆ รวมถึงการส่งต่อข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนน่าเชื่อถือ ทำให้วิสัญญีแพทย์สามารถวางแผนให้การดูแลผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังการระงับความรู้สึก มีการติดตามประเมินภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นจากการระงับความรู้สึกและสำรวจความพึงพอใจต่อบริการด้านวิสัญญี

ความคุ้มค่าในการนำเทคโนโลยี-5จีมาใช้

ในงานระงับความรู้สึก

เนื่องจากเทคโนโลยี-5จีต้องใช้คลื่นที่มีความถี่สูง 30-300 GHz (ความถี่ของ 4จีคือ 6 GHz) หรือคลื่นความถี่ในระดับมิลลิเมตรช่วงสั้นๆ ด้วยสัญญาณที่มีค่าความหน่วงต่ำหรือมีความล่าช้าน้อยที่สุด เพื่อการส่งผ่านข้อมูลจำนวนมหาศาล ประกอบกับสัญญาณคลื่นความถี่สูง ในช่วงสั้นๆ ไม่สามารถเจาะผ่านผนังอาคารได้ดี ผู้ให้บริการจึงจำเป็นต้องลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานการตั้งเสาสัญญาณสูงๆ ในการส่งสัญญาณคลื่นแต่ละครั้ง ในขณะที่อุปกรณ์เพื่อรองรับเทคโนโลยี-5จี ยังอยู่ภายใต้กระบวนการการผลิตและพัฒนา^{7,20} เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการเชื่อมโยงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้รวดเร็วฉับไวและไร้จุดบอด

ทางด้านแพทยศาสตรศึกษา ซึ่งให้การยอมรับกับการเรียนการสอนผ่านระบบออนไลน์ การใช้มัลติมีเดีย²¹ วิทัศน์ ระบบวินิจัยและการให้ข้อมูลย้อนกลับ (diagnosis and feedback system)²²⁻²³ ล้วนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรอบรู้ในแก่นแท้ของเนื้อหาวิชา (mastery learning) รู้จักค้นคว้าเรียนรู้ด้วยตนเอง (self-directed, active learning) และกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (achievement motive) ด้วยการวัด

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative growth score)²⁴ ทำให้นักการศึกษาสามารถทำการประเมินผู้เรียนได้ทุกช่วงจังหวะของการเรียนรู้ (formative assessment) ซึ่งดีกว่าการประเมินเพียงผลสรุปของการเรียน (summative assessment)

การเรียนรู้ในสถานการณ์จำลอง (simulation model)

โดยอาศัยแอปพลิเคชันช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าไปอยู่ในเหตุการณ์ที่ต้องแสดงพฤติกรรม มีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องเพื่อปรับปรุงต่อไป เช่น นักศึกษาแพทย์เดินเข้าไปในห้องผู้ป่วยที่หายใจโดยใช้เครื่องช่วยหายใจและได้ยินเสียงเตือนจากเครื่องดังขึ้น มีความผิดปกติของสัญญาณชีพ นักศึกษาต้องรีบวินิจฉัยให้ได้ถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้ ซึ่งเมื่อทำการตรวจร่างกายแล้วพบว่า ผ่น้ำของทรวงอกทั้งสองข้างของผู้ป่วยขยับขึ้นลงไม่เท่ากัน ฟังเสียงการหายใจของปอดข้างซ้ายไม่ได้ และตำแหน่งของท่อช่วยหายใจที่มุมปากของผู้ป่วยลึกกว่าปกติ เมื่อนักศึกษาแสดงพฤติกรรมให้การช่วยเหลือผู้ป่วยอย่างถูกต้อง โดยการจัดตำแหน่งของท่อช่วยหายใจให้เหมาะสม สัญญาณชีพของผู้ป่วยก็จะกลับมาเป็นปกติ

ในการประชุมหรือการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ในสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ทำให้ชั้นเรียนเป็นเรื่องล้าสมัย²⁵ เพราะผู้เรียนสามารถระบุตัวตนเพื่อเข้าเรียน ทำการบ้าน รายงาน สนทนาโต้ตอบกับอาจารย์ได้ผ่านแอปพลิเคชันที่สามารถบันทึกประวัติการเรียนรู้ การเข้าออก การคัดลอกบทเรียน การผ่านการทดสอบในแต่ละระดับ ตลอดจนระดับความสำเร็จของผู้เรียนเมื่อเทียบกับสมาชิกอื่นๆ ในชั้นเดียวกัน

อย่างไรก็ตาม งานทางแพทยศาสตรศึกษา อาจมีความจำเป็นในการใช้เทคโนโลยี-5จี คอนข้างน้อย เพราะการเรียนรู้ในสถานการณ์จำลอง การประชุม การสื่อสารผ่านออนไลน์ หรือการค้นคว้าเอกสาร บทความงานวิจัย สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีอื่นที่มีราคาถูกกว่าทดแทนได้ เช่น 4จี LTE หรือไวไฟ⁴

แต่ในด้านเวชปฏิบัติ ความรวดเร็วของการส่งต่อข้อมูลทั้ง

เนื้อหา ภาพและเสียง การส่งต่อผู้ป่วย การรักษาผู้ป่วยในภาวะฉุกเฉิน หรือการผ่าตัดผู้ป่วยในภาวะวิกฤต ตลอดจนการให้คำปรึกษาด้านสุขภาพโดยเฉพาะผู้ป่วยที่อยู่ห่างไกล มีความจำเป็นต้องอาศัยคุณลักษณะที่ครบถ้วนของนวัตกรรมในเทคโนโลยี-5จี

ด้วยเทคโนโลยี-5จี บริษัท Qualcomm Technologies²⁶ ได้นำอุปกรณ์การใช้ภาพความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality, VR) และภาพความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality, AR) ในการฝึกทักษะเรียนรู้สรีรวิทยาและการวินิจฉัยโรคภาวะหลอดเลือดอุดตันในสมอง (stroke) ซึ่งนักศึกษาแพทย์สามารถตรวจร่างกายและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วย ช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของอวัยวะส่วนต่างๆ เช่น แขนขา ใบหน้า และการสนทนาโต้ตอบของผู้ป่วยอันเกิดจากพยาธิสภาพ และด้วยอุปกรณ์เดียวกันนี้ แพทย์สามารถนำมาใช้เพื่อให้ความรู้กับผู้ป่วยและญาติได้

VR และ AR ถูกนำมาใช้ในการฝึกปฏิบัติ การศึกษากายวิภาค ร่างกายมนุษย์ที่มีความซับซ้อน การกำหนดตำแหน่งหลอดเลือดใหญ่ กระดูกและกล้ามเนื้อ ฯลฯ พร้อมโมเดลของอวัยวะต่างๆ เพื่อใช้อ้างอิงในการผ่าตัด หรือการฝึกด้วยถุงมือที่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับความละเอียดของผิวสัมผัส (Haptic gloves)²⁷

บริษัท AT&T ได้ร่วมมือกับ Vitas Healthcare²⁸ ยังได้นำอุปกรณ์ VR และ AR มาช่วยบำบัดความปวดและภาวะเครียดในผู้ป่วยวิกฤตระยะสุดท้าย เพื่อให้ผู้ป่วยมีอาการสงบและมีความสุขกับการท่องเที่ยวในมิติเสมือนจริง

Samsung Medical Center (SMC) และ Korean telecom KT²⁹ ได้นำเทคโนโลยีมาใช้ในการวิเคราะห์พยาธิสภาพชิ้นเนื้อที่ทำการผ่าตัด

China Telecom³⁰ ได้พัฒนาการตรวจวินิจฉัยเชื้อไวรัส COVID-19 อย่างรวดเร็ว ในสถานที่ห่างไกล ช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาได้ทันเวลาที่และสามารถควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อได้อย่างรวดเร็ว เครื่องเฝ้าระวังสัญญาณชีพ เครื่องช่วยหายใจ เครื่องดมยาสลบ

เวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนอุปกรณ์ด้านสุขภาพที่ติดตัวผู้ป่วย (wearable devices) ฯลฯ ทุกหน่วยงานในสถานพยาบาล สามารถติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลถึงกันได้ด้วยเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งการใช้เครือข่าย 5จีจะมีเสถียรภาพและความรวดเร็วมากกว่าเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆที่ใช้อยู่เช่น 4จี หรือ LTE สามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือและความเชื่อมั่นในการบริการภาคสนาม ไม่ใช่แค่ในห้องปฏิบัติการ ภายใต้การควบคุมของปัญญาประดิษฐ์ ทำให้กระบวนการในการส่งข้อมูลของผู้ป่วยจากหอพัก ห้องผ่าตัด หออภิบาล หรือการส่งภาพ CT scan, MRI จากห้องรังสีรักษาไปยังหน่วยงานต่างๆ เพื่อการรักษาผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ^{5,28}

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้บริหารจึงควรทำการสำรวจศักยภาพและอุปกรณ์ที่มีอยู่ในองค์กรอย่างละเอียด ทำการคัดสรรอุปกรณ์ ตลอดจนแอปพลิเคชันที่เหมาะสมกับเทคโนโลยี-5จี มาใช้งานในองค์กรเท่าที่จำเป็น ตรงตามสภาพเนื้องานจริง โดยขอคำปรึกษาและการสนับสนุนจาก กสทช. ผู้มีอำนาจโดยตรงในการพิจารณาอนุญาตและกำกับดูแลกำหนดหลักเกณฑ์การใช้หรือการเชื่อมต่อคลื่นความถี่ ภายใต้ 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project)^{5,7,20} ซึ่งเป็นมาตรฐานควบคุมปฏิบัติงานการใช้เทคโนโลยี-5จี

สรุป

เทคโนโลยี-5จี สามารถกระจายการบริการทางด้านสาธารณสุขให้กับกลุ่มประชากรจำนวนมากได้อย่างครอบคลุมทั่วถึง แม้ในที่ห่างไกล ด้วยการรับส่งและวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศแบบ real-time ผ่านอุปกรณ์สวมใส่ที่ติดตามตัวผู้ป่วยและวิทัศน์ความละเอียดสูง ที่มีความแม่นยำปลอดภัย และความเป็นส่วนตัวสูง

อย่างไรก็ตาม การเรียนการสอนในงานระดับความรู้ลึก อาจมีความจำเป็นในการใช้เทคโนโลยี-5จี ค่อนข้างน้อย โดยสามารถใช้เทคโนโลยีอื่นที่มีราคาถูกกว่าทดแทนได้ ส่วนทางด้านเวชปฏิบัติ ความรวดเร็วของการส่งต่อข้อมูลทั้งเนื้อหา ภาพและเสียง การผ่าตัดผู้ป่วยใน

ภาวะวิกฤต มีความจำเป็นต้องอาศัยคุณลักษณะที่ครบถ้วนของนวัตกรรมในเทคโนโลยี-5จี

เอกสารอ้างอิง

- Gifford, Clive, Susan, Kennedy, Philip, Parker, et. Science Year by Year: A Visual History, From Stone Tools to Space Travel. First American Edition. New York:DK Publish, 2017.
- Zheng P, Lionel N. Smart phone and next generation mobile computing. Elsevier, 2010.
- Vora, Lopa J. Evolution of mobile generation technology: 1G to 5G and review of upcoming wireless technology 5G. IJMTET. 2015; 2(10): 281-290.
- Pankaj S. Evolution of mobile wireless communication networks-1G to 5G as well as future prospective of next generation communication network. IJCSMC. 2013; 2(8): 47-53.
- Singh D.STL Partners. 5G's healthcare impact: 1 billion patients with improved access in 2030 [Internet]. 2019 [Cited 2020 Sep 25]. Available from: <https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/program/Industries-5G/5G-Healthcare-Impact.pdf>
- Wongwuttivat J, Lawanna A. The digital Thailand strategy and the ASEAN community. E J Info Sys Dev Countries. 2018; 84: e12024.
- รัชดา คงขุนเทียน. ศูนย์วิจัยสิริราช ประเมินลงทุน 5G ช่วงแรกยังเผชิญโจทย์ท้าทายธุรกิจรอบด้านทั้งตลาด-ต้นทุน-เทคโนโลยี [อินเทอร์เน็ต]. อินโฟเควสท์ 2563. [เข้าถึงเมื่อ 5 ตุลาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.ryt9.com/s/iq03/3094339>
- Thumbsupteam. Phuket Smart City นำร่องเมืองอัจฉริยะของไทย [อินเทอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 28 มิถุนายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thumbsup.in.th/phuket-smart-city-sipa>.
- ชมรมส่งเสริมธรรมาภิบาลและความรับผิดชอบต่อเทคโนโลยีดิจิทัลไทย. Smart Industry การก้าวสู่ภาคอุตสาหกรรมอัจฉริยะ [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 18 กรกฎาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.cioworldmagazine.com/step-towards-smart-industry/>
- Thailand Convention Exhibition Bureau. สร้างเรื่องราวให้จุดหมายปลายทางในช่วง Physical Distancing ผ่าน Social Media [อินเทอร์เน็ต]. 2563. [เข้าถึงเมื่อ 18 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://intelligence.busessevent-sthailand.com/en/blog/physical-distancing>
- Wikipedia. ฮอโลกราฟี [Internet] [Cited 2020 Oct 05]. Available from: <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AE%E0%B8%AD%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%9F%E0%B8%B5>
- Vodafone business. Diabetacare provides efficient diabetes management [Internet]. 2018 [Cited 2020 Sep 25]. Available from: <https://www.vodafone.com/business/news-and-insights/case-study/diabetacare-provides-efficient-diabetes-management>
- STL Partners. Telcos in healthcare: Winning in a long game, Babylon, and the impact of 5G[Internet]. 2019 [Cited 2020 Sep 25]. Available from: <https://stlpartners.com/research/telcos-in-healthcare-winning-in-a-long-game-babylon-and-the-impact-of-5g/>
- Wong DT, Kamming D, Salenieks ME, Go K, Kohm C, Chung F. Pre-admission Anesthesia Consultation Using Telemedicine Technology: A Pilot Study. Anesthesiology 2004; 100: 1605-7.
- Puri GD, Kumar B, Aveek J. Closed-loop anesthesia delivery system (CALDS) using bispectral index: a performance assessment study. Anaesth Intensive Care 2007; 35: 357-62
- Hemmerling MT, Taddei R, Wehbe M, Morse J, Cyr S, Zaouter C. Robotic Anesthesia – A Vision for the Future of Anesthesia. Transl Med

UniSa. 2011 Sep-Dec; 1: 1–20.

17. Richard D, Walter G. Computer-Assisted Personalized Sedation: Friend or Foe? *Anesthesia & Analgesia*. 2014 July; 119(1): 207–211. doi: 10.1213/ANE.0000000000000268

18. Zaouter C, Taddei R, Wehbe M, Arbeid E, Cyr S, Giunta F, et al. A Novel System for Automated Propofol Sedation: Hybrid Sedation System (HSS). *J Clin Monit Comput*. 2017 Apr; 31(2): 309–317

19. Kevin K. Tremper, Jenny J. Mace, Jan M. Gombert, Theodore T. Tremper, Justin F. Adams, James P. Bagian. Design of a Novel Multifunction Decision Support Display for Anesthesia Care: AlertWatch® OR. *BMC Anesthesiol*. 2018 Feb 5; 18. PMID: 29402220.

20. สำนักงาน กสทช. อุปสรรคความท้าทายและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายของ 5G [Internet]. 2561 [Cited 6 October 2020]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/%E0%B8%9B%E0%B8%B5-2561/36906/%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%9A.pdf.aspx>

21. Vichitvejpaisal P, Sitthikongsak S, Preechakoon B, Kraiprasit K, Parakamodom S, Manon C, Petcharatana S. Does computer-assisted instruction really help to improve the learning process? *MEDICAL EDUCATION (Liverpool)* 2001; 35: 983–9.

22. พงศ์ธรา วิจิตเวชไพศาล, สุพัทธ์ พิบูลย์, สมคิด พรหมจ้อย (2553). ระบบประเมินเพื่อวินิจฉัยและให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (มกราคม - มีนาคม 2553): 28–36

23. Vichitvejpaisal P, Panjamawat T, Varasunun P. (2011). A Comparison of Knowledge Retention between Online and In-class Problem-Based Learning. *SEAJME - South-East Asian Journal of Medical Education* 2011; 5 (2): 41–48

24. Vichitvejpaisal P, Panjamawat T, Varasunun P. Which Model is the Best Prediction of Student Learning Performance: Raw Achievement, Relative Growth or Knowledge Retention Score? *SEAJME - South-East Asian Journal of Medical Education* 2014; 8 (1): 66–71.

25. Vichitvejpaisal P, Panjamawat T, Varasunun P. A Comparative Study of Online and In-class Problem-based Learning for Nurse Anesthetists. *SEAJME* 2017; 11(2): 18.24.

26. Leilani DeLeon. Think F.A.S.T. VR training: Improving stroke education and saving lives [Internet]. 2017 [Cited 2020 Nov 12]. Available from: <https://www.qualcomm.com/news/onq/2017/10/26/think-fast-vr-training-improving-stroke-education-and-saving-lives>

27. Takahashi D. Haptx teams up with fundamentalVR to create VR surgery glove [Internet]. *VentureBeat* 2019 [update 13 March 2019] [cited 06 Oct 2020]. Available from: <https://venturebeat.com/2019/03/13/haptx-teams-up-with-fundamentalvr-to-create-vr-surgery-gloves/>

28. Maria Lensing. Revolutionizing healthcare with 5G [Internet]. 2020 [Cited 2020 Nov 12]. Available from: <https://www.business.att.com/content/dam/attbusiness/insights/casestudiesandpdfs/Revolutionizing-Healthcare-With-5G.pdf>

29. Dean Koh. KT and Samsung Medical Center to develop 5G medical service [Internet]. 2020 [Cited 2020 Nov 12]. Available from: <https://www.healthcareitnews.com/news/asia-pacific/kt-and-samsung-medical-center-develop-5g-medical-service>

30. อนุภา ศิริรวม สำนักข่าวหุ้นอินไซด์. ZTE จับมือ China Telecom ใช้เทคโนโลยี 5G ช่วยแพทย์จีนวินิจฉัยผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนาผ่านทางไกลสำเร็จเป็นครั้งแรก [อินเทอร์เน็ต]. 2563. [เข้าถึงเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.hooninside.com/news-feed/144767/view/>