

ผลของการสัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจากฐานส่งสัญญาณย่อยโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Pico Cell) ต่อพฤติกรรมทางประสาทของพนักงานขายศูนย์การค้า

พนิดา สังขจันทร์¹, ปรีชา ลอเสรีวานิช^{1*}, วิทยา อยู่สุข¹, สุทินันท์ จันทน์กุล¹,
ชูเกียรติ วิวัฒน์วงศ์เกษม²

¹ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

²ภาควิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดจากฐานส่งสัญญาณย่อยโทรศัพท์เคลื่อนที่ (pico cell) และทดสอบพฤติกรรมทางประสาท (neurobehavior) ของพนักงานขายซึ่งสัมผัสรังสีฯ ในศูนย์การค้า เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีฯ และพฤติกรรมทางประสาทของพนักงานขายในศูนย์การค้าที่ไม่มีการติดตั้ง pico cell การตรวจวัดปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าทำโดยใช้เครื่องวัดปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (NARDA, EMR 300) วัดความหนาแน่นกำลัง(power density) ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ณ จุดปฏิบัติงานของพนักงานขายในศูนย์การค้าที่มี pico cell (กลุ่มสัมผัส) 100 จุด และในศูนย์การค้าที่ไม่มี pico cell (กลุ่มไม่สัมผัส) 45 จุด พนักงานขายทั้ง 2 กลุ่มเข้าร่วมทดสอบพฤติกรรมทางประสาทโดยความสมัครใจ โดยใช้แบบทดสอบ Digit Span เพื่อทดสอบความจำระยะสั้นและสมาธิ แบบทดสอบ Digit Symbol สำหรับทดสอบการประสานสัมพันธ์ระหว่างสายตากับประสาทสั่งการ และแบบทดสอบ Trail Making A ในการทดสอบความเร็วในการจัดลำดับตัวเลข โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านอายุ ระยะเวลาการทำงาน และระดับการศึกษา แต่กลุ่มสัมผัสมีการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่บ่อยกว่ากลุ่มไม่สัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$)

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มสัมผัสจำนวน 100 คนได้รับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ณ จุดปฏิบัติงานคิดเป็นค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.0014 Watt/m^2 ส่วนกลุ่มไม่สัมผัสจำนวน 45 คนได้รับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า คิดเป็นค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.0008 W/m^2 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) การทดสอบพฤติกรรมทางประสาทพบว่า กลุ่มสัมผัสมีคะแนนการทดสอบความจำระยะสั้นและสมาธิต่ำกว่ากลุ่มไม่สัมผัส และใช้เวลาในการจัดลำดับตัวเลขมากกว่ากลุ่มไม่สัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.002$ และ <0.001 ตามลำดับ) แต่ผลการทดสอบการประสานสัมพันธ์ระหว่างสายตาและประสาทสั่งการไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ฐานส่งสัญญาณย่อยภายในอาคารทำให้ปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และมีผลบั่นทอนความจำระยะสั้นและสมาธิของผู้ที่สัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้านั้น อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างกลุ่มศึกษาในเรื่องจำนวนครั้งของการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อาจส่งอิทธิพลต่อผลการทดสอบพฤติกรรมทางประสาท ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นดังกล่าวและในกลุ่มประชากรอื่นๆ

คำสำคัญ: รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า, ฐานส่งสัญญาณย่อยโทรศัพท์เคลื่อนที่, pico cell, พฤติกรรมทางประสาท

* Corresponding author: ผศ.ดร.ปรีชา ลอเสรีวานิช

ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กทม 104000

E-mail: phplw@mahidol.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อย่างแพร่หลายทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทยซึ่งสถิติในปี.ศ.2549 ระบุว่ามีการเปิดให้บริการถึง 42.8 ล้านเลขหมาย¹ การติดตั้งฐานส่งสัญญาณย่อยโทรศัพท์เคลื่อนที่ (pico cell) ภายในอาคารเพื่อเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณ² ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจาก pico cell ที่มีกำลังสูงกว่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากหอส่งสัญญาณภายนอกอาคาร (Macro cell) นับพันเท่า³

แม้ว่ากำลังสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจาก pico cell จะไม่เกินค่ามาตรฐาน 4 - 9.5 W/m² ที่ความถี่ 800 - 1900 MHz ของ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)⁴ ก็ไม่ได้หมายความว่าจะไม่เกิดอันตรายใดๆ ต่อสุขภาพจากการสัมผัสอย่างต่อเนื่อง เพราะจากการศึกษาในหนูทดลองพบว่า สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีกำลังต่ำกว่ามาตรฐานของ ICNIRP สามารถทำลาย blood-brain barrier ซึ่งทำให้ mannitol, inulin และ dextran (มีน้ำหนักโมเลกุลเท่า albumin) ในเส้นเลือดฝอยรั่วเข้าสู่สมองน้อย (cerebellum)⁵ และยังมีการศึกษาอื่นๆ ที่รายงานความผิดปกติที่เกิดขึ้นในสัตว์ทดลองและในมนุษย์ที่ได้รับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่⁶⁻⁹

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาแน่นกำลังของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจาก pico cell ภายในอาคารและพฤติกรรมทางประสาทของผู้ที่สัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้านี้ เปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ได้สัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจาก pico cell โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาและอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (MUPH2008-127)

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษาและประชากรตัวอย่าง

พื้นที่ที่ทำการศึกษาคือ ร้านค้าต่างๆ ในศูนย์การค้า 2 แห่ง ศูนย์การค้าแห่งแรกมีการติดตั้ง pico cell ส่วนอีกแห่งนั้นไม่มี pico cell โดยได้รับอนุญาตให้เข้าดำเนินการศึกษาจากศูนย์การค้าทั้ง 2 แห่ง ส่วนประชากรศึกษาได้แก่ พนักงานขายของร้านค้าต่างๆ ในศูนย์การค้าดังกล่าวซึ่งเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ กลุ่มตัวอย่างของการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มพนักงานขายในศูนย์การค้าที่ติดตั้ง pico cell จำนวน 100 คน (กลุ่มสัมผัส) และกลุ่มพนักงานขายในศูนย์การค้าที่ไม่มี pico cell จำนวน 45 คน (กลุ่มไม่สัมผัส) โดยมีเกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างที่ยินยอมตนเข้าร่วมการวิจัยคือ ต้องไม่เป็นโรคพิษสุราเรื้อรัง ไม่มีประวัติการเป็นโรคเกี่ยวกับระบบประสาท และไม่ได้ทำงานที่สัมผัสกับสารเคมีที่มีฤทธิ์ต่อระบบประสาท เช่น สารทำลายลาย เป็นต้น และเกณฑ์คัดออกคือ ดื่มแอลกอฮอล์ก่อนการทดสอบพฤติกรรมทางประสาท 24 ชั่วโมง หรือนอนน้อยกว่า 6 ชั่วโมงในคืนก่อนวันทดสอบ หรือรับประทานยาที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท เช่น ยาแก้ปวด ยาแก้ไอ หรือ ทราบภายหลังว่าเป็นโรคเกี่ยวกับระบบประสาท

เครื่องมือการวิจัย

1. เครื่องวัดรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าหือ NARDA รุ่น EMR 300 ซึ่งสามารถวัดความหนาแน่นกำลังของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ 100 kHz - 3 GHz มีหน่วยเป็น W/m² โดยทำการวัด 1 ครั้ง ใช้เวลาในการตรวจวัด 6 นาทีในแต่ละจุดซึ่งพนักงานขายยืนปฏิบัติงานอยู่
2. แบบสัมภาษณ์ข้อมูลส่วนบุคคล ประวัติสุขภาพ ประวัติการทำงาน และการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่
3. แบบทดสอบพฤติกรรมทางประสาท 3 วิธีประกอบด้วย Digit Span Test ใช้ทดสอบความจำระยะสั้นและสมาธิ (10), Digit Symbol Test ใช้วัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างสายตากับประสาทสั่งการ¹⁰ และ Trail Making A Test ใช้วัดความเร็วในการจัดลำดับตัวเลข¹¹ โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบพฤติกรรมทางประสาททั้ง 3 วิธีคนละ 1 ครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการวัดรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าและการทดสอบพฤติกรรมทางประสาทนำไปวิเคราะห์โดยสถิติพรรณนา และสถิติอนุมาน (Mann-Whitney U Test และ Kruskal-Wallis Test)

ผลการวิจัย

คุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

คุณลักษณะของกลุ่มสัมผัสส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง(ร้อยละ 77.0) อายุเฉลี่ยของกลุ่ม = 26.5 ปี ส่วนกลุ่มไม่สัมผัสส่วนมากเป็นหญิงเช่นกัน (ร้อยละ 64.4) อายุเฉลี่ย = 27.2 ปี กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา ไม่มีโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท ผลการทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มตัวอย่างในด้านสัดส่วนชายหญิง อายุ ระดับการศึกษา หรือชั่วโมงการทำงาน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างกลุ่ม ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะสำคัญทางประชากรของกลุ่มตัวอย่างและผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติ

คุณลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มสัมผัส (n = 100)	กลุ่มไม่สัมผัส (n = 45)	p-value
เพศ			
ชาย (จำนวน, %)	23 (23.0)	16 (35.4)	0.116 ^a
หญิง (จำนวน, %)	77 (77.0)	29 (64.6)	
อายุ (ค่ามัธยฐาน, ปี)	25	27	0.566 ^a
ระดับการศึกษา			
ประถมศึกษา (จำนวน, %)	5(5.0)	-	0.525 ^b
มัธยมศึกษาหรืออาชีวศึกษา (จำนวน, %)	54(54.0)	31(68.9)	
ปริญญาตรี (จำนวน, %)	41(41.0)	14(31.1)	
จำนวนชั่วโมงการทำงาน (ค่ามัธยฐาน)	11	10	0.051 ^a
จำนวนครั้งที่ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ต่อวัน (ค่ามัธยฐาน)	6	10	< 0.001 ^a

a = Mann-Whitney U Test, b = Kruskal-Wallis Test

ปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจากฐานส่งสัญญาณย่อยโทรศัพท์เคลื่อนที่

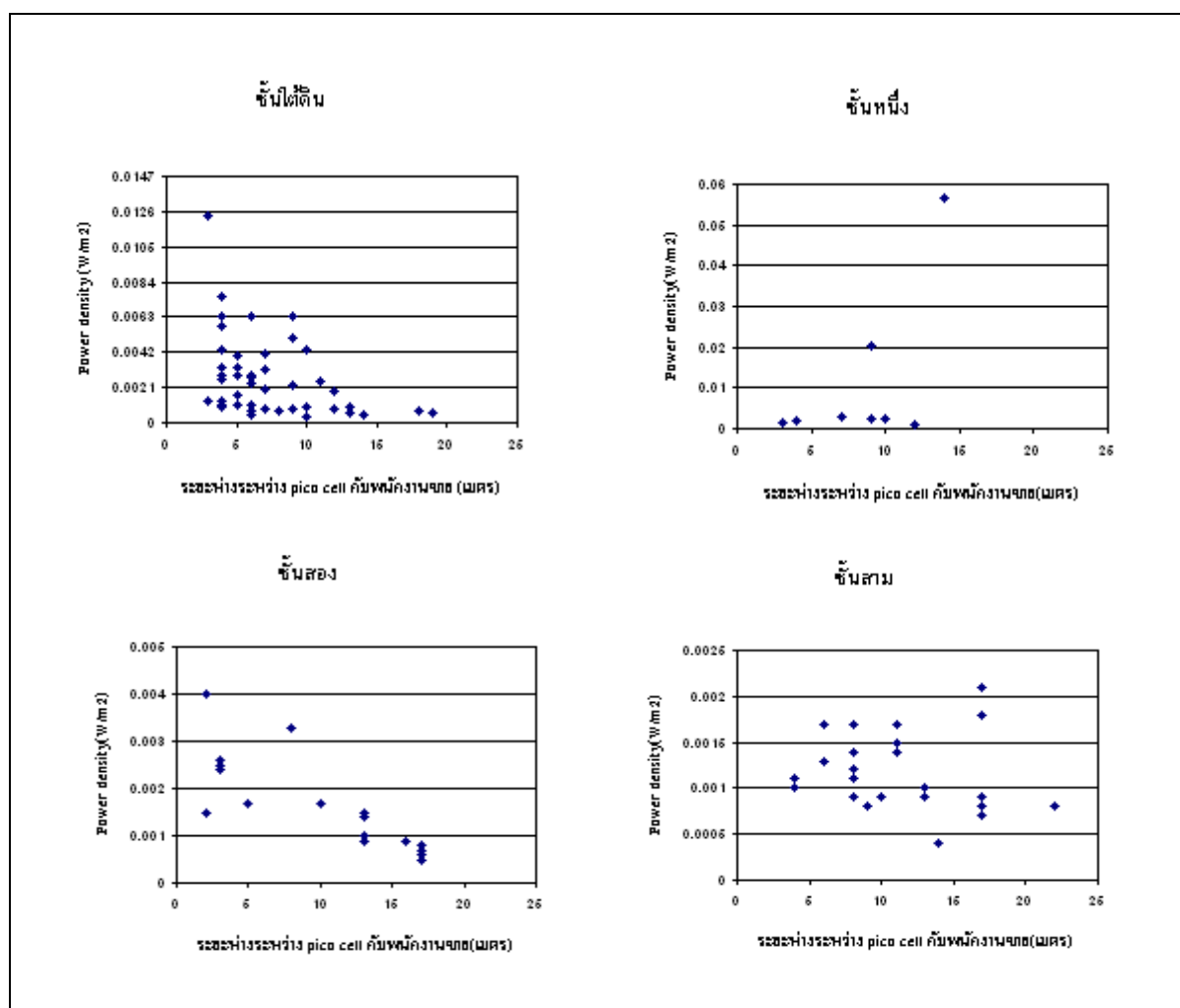
จำนวน pico cell ที่ติดตั้งในศูนย์การค้าที่ศึกษามีทั้งหมด 100 ฐานโดยกระจายอยู่ในชั้นใต้ดิน ชั้น 1, 2 และ 3 จำนวน 48, 19, 16 และ 17 ฐานตามลำดับ ความหนาแน่นกำลังของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ณ จุดปฏิบัติงานของกลุ่มสัมผัสจำนวน 100 คน คิดเป็นค่ามัธยฐาน เท่ากับ 0.0014 W/m² (พิสัย=0.0004-0.0566 W/m²) ในขณะที่ค่ามัธยฐานความหนาแน่นกำลังของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของกลุ่มไม่สัมผัสกับ pico cell จำนวน 45 คนเท่ากับ 0.0008 W/m² (พิสัย=0.0002-0.0013 W/m²) ซึ่งผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้จากทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) ตารางที่ 2 และรูปที่ 1 แสดงรายละเอียดของปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่กลุ่มตัวอย่างสัมผัสและระยะห่างเฉลี่ยระหว่าง pico cell และพนักงานขายในแต่ละชั้นของศูนย์การค้า

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นกำลังของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ณ จุดปฏิบัติงานของพนักงานขาย (มาตรฐานของ ICNIRP ที่ความถี่ 800, 900, 1800, 1900 MHz = 4.0, 4.5, 9.0, 9.5 W/m² ตามลำดับ)

ศูนย์การค้า	ชั้น	จำนวน Pico cell	ระยะห่าง เฉลี่ย (เมตร) ^a	จำนวนจุด ตรวจวัด	รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (W/m ²)	
					มัธยฐาน	พิสัย
ติดตั้ง Pico cell	ใต้ดิน	48	7.22	50	0.0021	0.0004-0.0123
	1	19	8.50	8	0.0024	0.0011-0.0566
	2	16	10.50	18	0.0015	0.0005-0.0040
	3	17	11.50	24	0.0011	0.0004-0.0021
รวม		100		100	0.0014*	0.0004-0.0566
ไม่ติดตั้ง Pico cell	1	-	-	31	0.0007	0.0002-0.0012
	2	-	-	14	0.0010	0.0007-0.0013
	รวม	-	-	45	0.0008*	0.0002-0.0013

a = ระยะห่างระหว่าง pico cell และจุดตรวจวัด (จุดปฏิบัติงานของพนักงานขาย) * p < 0.001, Mann-Whitney U Test

รูปที่ 1 ปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าวัด ณ จุดปฏิบัติงานของพนักงานในศูนย์การค้าที่ติดตั้ง pico cell (กลุ่มสัมผัส)



พฤติกรรมทางประสาท

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบพฤติกรรมทางประสาทของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบทั้ง 3 ชนิดซึ่งพบว่า กลุ่มสัมผัสมีคะแนนการทดสอบความจำระยะสั้นและสมาธิ (Digit Span Test) น้อยกว่ากลุ่มไม่สัมผัส และใช้เวลาในการจัดลำดับตัวเลข (Trail Making A Test) มากกว่ากลุ่มไม่สัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.002$ และ $p<0.001$ ตามลำดับ) แต่ผลการทดสอบการประสานสัมพันธ์ระหว่างสายตากับประสาทสั่งการไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบพฤติกรรมทางประสาทของกลุ่มตัวอย่างและผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติ

แบบทดสอบ	กลุ่มสัมผัส		กลุ่มไม่สัมผัส		p-value
	มัธยฐาน	พิสัย	มัธยฐาน	พิสัย	
Digit Span (คะแนน)	11.0	6.0 - 7.0	12.0	9.0 - 16.0	0.002
Digit Symbol (คะแนน)	59.5	26.0 - 87.0	60.0	33.0 - 86.0	0.0696
Trail Making A (วินาที)	33.5	13.0 - 90.0	27.0	18.0 - 90.0	< 0.0001

อภิปรายผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ที่มีการติดตั้ง pico cell มีปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้ามากกว่าพื้นที่ที่ไม่มี pico cell อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจาก pico cell ที่วัดได้จากการศึกษานี้กับผลการศึกษาของ Hanprated N³ พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าของ Hanprated N. ทั้งค่ามัธยฐาน (0.0014 W/m^2 และ 0.0029 W/m^2 ตามลำดับ) และค่าสูงสุด (0.0566 W/m^2 และ 2.217 W/m^2 ตามลำดับ) เพราะ Hanprated ทำการวัดในระยะ 1.50 เมตรใต้ pico cell โดยตรง ซึ่งไม่ใช่จุดปฏิบัติงานของพนักงานขายเพราะการศึกษาของ Hanprated ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณที่พนักงานขายสัมผัสในระหว่างปฏิบัติงาน ในขณะที่การศึกษานี้วัดรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในตำแหน่งที่พนักงานขายแต่ละคนยืนปฏิบัติงานอยู่ตามปกติซึ่งอยู่ห่างจาก pico cell ประมาณ 4-22 เมตร ซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งที่ทำให้วัดรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าได้น้อยกว่า

แม้ว่าระดับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุดที่พนักงานได้รับจาก pico cell (0.06 W/m^2) ในการศึกษานี้จะต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ ICNIRP ($4 - 9.5 \text{ W/m}^2$ ที่ความถี่ $800 - 1900 \text{ MHz}$) มาก แต่ผลการทดสอบพฤติกรรมทางประสาทแสดงให้เห็นว่า กลุ่มพนักงานขายซึ่งได้รับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้ามากกว่ามีความจำระยะสั้น สมาธิ และความสามารถในการจัดลำดับตัวเลขน้อยกว่ากลุ่มพนักงานที่ไม่ได้รับรังสีจาก pico cell อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการศึกษานี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการศึกษาของ Abdel-rassoul G และคณะ⁶ ซึ่งศึกษากลุ่มตัวอย่างชาวอียิปต์จำนวน 165 คนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่รอบๆ เสาส่งสัญญาณโทรศัพท์ (macro cell) จำนวน 3 แห่ง ซึ่งสัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจาก macro cell ในปริมาณ $0.000002 - 0.000067 \text{ W/m}^2$ และพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างในผลทดสอบความจำระยะสั้นและสมาธิเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ Hutter HP และคณะ⁷ ซึ่งศึกษาการสัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่างชาวออสเตรียจำนวน 365 คนที่อาศัยอยู่ในรัศมี 600 เมตรจาก macro cell รายงานว่าพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการสัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับ $0.00001 - 0.00005 \text{ W/m}^2$ กับอาการปวดศีรษะ ชาที่มือและเท้า และขาดสมาธิ ในขณะที่ Santini R. และคณะ⁸ ก็รายงานว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 530 คนที่อาศัยอยู่ในระยะ $10 - 300$ เมตรจาก macro cell มีอาการคลื่นไส้ เบื่ออาหาร หงุดหงิดง่าย ปวดศีรษะ และเหนื่อยง่าย

นอกจากการศึกษาในมนุษย์แล้ว ยังมีรายงานการศึกษาในสัตว์ทดลองที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความหนาแน่นกำลังต่ำกว่ามาตรฐานของ ICNIRP ในการทำลายประสิทธิภาพของ blood-brain barrier ของเส้นเลือดฝอยในสมองของหนู เช่น Oscar K และคณะ⁵ พบการรั่วของสาร mannitol, inulin และ dextran จากเส้น

เลือดฝอยเข้าสู่สมองน้อยของหนูทดลองที่ได้รับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับความหนาแน่นกำลังน้อยกว่า 0.0030 W/m^2 เช่นเดียวกับ Salford L. และคณะ⁹ รายงานว่ารังสีแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้ albumin รั่วจากเส้นเลือดออกไปทำลาย เซลล์ประสาท (neurons) ในส่วนฮิปโปแคมปัส (hippocampus) ของสมองหนู ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำ การเคลื่อนไหว และการเรียนรู้ ดังนั้นการสัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจาก pico cell อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ก็มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดผลเสียอย่างใดอย่างหนึ่งต่อระบบประสาท

อย่างไรก็ดี เนื่องจากในการศึกษานี้มีความแตกต่างของการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่สัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจาก pico cell และที่ไม่ได้สัมผัสรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจาก pico cell ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความแตกต่างของการทดสอบพฤติกรรมทางประสาทระหว่างทั้งสองกลุ่ม ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลที่มีความชัดเจนมากขึ้น ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากขึ้น ทำการตรวจวัดรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าและทดสอบพฤติกรรมทางประสาทมากกว่า 1 ครั้ง ศึกษาผลกระทบจากการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ และศึกษาปัจจัยอื่นที่อาจจะมีผลต่อพฤติกรรมทางประสาท เช่น ภาระงาน ความเครียด lifestyle เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. กิจการโทรคมนาคมปี 50: แนวโน้มชะลอตัวลง. 8 ธันวาคม.2549 [online]. Available at <http://www.kasikornresearch.com> (accessed Jan 2008).
2. บริษัทโทเทิล แอคเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน). เครือข่ายให้บริการ, 2549 [online]. Available at http://www.dtac.co.th/th/aboutus/ir/operation_network_index.aspx (accessed Jan 2008).
3. Hanprated N. The trend of exposure to electromagnetic radiation from mobile phone base stations in office workers. [M.Sc. Thesis in Industrial Hygiene and Safety]. Nakhon Pathom: Faculty of Graduate Studies, Mahidol University , 2007.
4. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-vary electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998; 74: 494-522.
5. Oscar K, Hawkins T. Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. *Brain Res* 1997; 126: 281-93.
6. Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, *et al.* Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *Neurotoxicology* 2007; 28:434-40.
7. Hutter H-P, Moshammer H, Wallner P, *et al.* Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base station. *Occup Environ Med* 2006; 63: 307-13.
8. Santini R, Santini P, Danze JM, *et al.* Survey study of people living in the vicinity of cellular phone base stations. *Electromagn Biol Med* 2003; 22: 41-9.
9. Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL. *et al.* Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 881-3.
10. Wechsler D. Wechsler Adult Intelligence Scale Revised (WAIS-R). New York: Psychological Corporation, 1981.
11. Lezak MD. Neuropsychological Assessment, 3 rd ed. New York: Oxford University Press, 1995.