



เทคนิคการติดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ทางผิวหนัง ในผู้ป่วยตรวจการนอนหลับ

ภาคภูมิ เชยชีพ ส.บ.

กฤษมา มามณี วท.บ.

เอี่ยมพร คงชัย วท.ม.

ศูนย์นันทนาการศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

บทนำ

ระบบหายใจ เป็นกระบวนการที่มีชีวิตหายใจนำออกซิเจน (oxygen, O_2) เข้าสู่ร่างกายเพื่อใช้ในการเผาผลาญสารอาหารที่สะสมอยู่ภายในเซลล์ซึ่งจะทำให้ได้พลังงานเพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ และได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide, CO_2) และไอน้ำ (H_2O) ออกมาจกมหายใจ สิ่งหนึ่งที่กำหนดอัตราการหายใจเข้าและออกคือปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด ถ้าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดต่ำจะทำให้การหายใจช้าลง ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดที่สูงจะทำให้การหายใจเร็วขึ้น โรคที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคการหายใจผิดปกติขณะหลับ sleep disordered breathing (SDB) บางชนิดอาจพบภาวะความผิดปกติของระดับ CO_2 ในเลือดร่วมด้วยได้ ในบทความนี้จะกล่าวถึงความสำคัญของการตรวจ CO_2 และ เทคนิคการตรวจวัด CO_2 ขณะตรวจการนอนหลับเพื่อเป็นแนวทางให้เจ้าหน้าที่ตรวจการนอนหลับได้มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงาน และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานได้

การหายใจและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส

1. การแลกเปลี่ยนแก๊สขณะหายใจเข้า

ขณะหายใจเข้า แก๊ส O_2 ในถุงลมจะแพร่ผ่านผนังหลอดเลือดฝอยเข้าสู่เลือด และเข้าจับกับฮีโมโกลบินใน

เซลล์เม็ดเลือดแดง เลือดจะไหลกลับเข้าสู่หัวใจและสูบฉีดไปยังเซลล์ต่างๆ ของร่างกาย แก๊ส O_2 ในเซลล์มีบทบาทในปฏิกิริยาการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงาน และจะได้ CO_2 และน้ำ (H_2O) เมื่อกระบวนการเสร็จสิ้นเรียกกระบวนการนี้ว่า การหายใจระดับเซลล์ (cellular respiration)

2. การแลกเปลี่ยนแก๊สขณะหายใจออก

แก๊ส CO_2 ที่เกิดจากการเผาผลาญสารอาหารภายในเซลล์จะแพร่ออกจากเซลล์ร่างกาย เลือดจะพากลับไปยังปอด หลอมฝอยภายในปอด แล้วลำเลียงจากทางเดินหายใจออกสู่ภายนอกผ่านทางจมูก ปริมาณ CO_2 ในเลือด (pCO_2) จะเป็นตัวส่งสัญญาณไปยังศูนย์ควบคุมการหายใจของสมองบริเวณ เมดัลลา ออบลองกาตา (medulla oblongata) กล่าวคือ ระดับ CO_2 ที่สูงจะกระตุ้นให้มีอัตราการหายใจเร็วขึ้นเพื่อกำจัด CO_2 ส่วนเกินออก และระดับ CO_2 ที่ต่ำจะลดอัตราการหายใจลงเพื่อกักเก็บ CO_2 ให้กลับสู่ระดับที่เหมาะสมต่อไป

ค่าปกติของ pCO_2 ¹

pCO_2 ปกติมีค่า 35 - 45 มม.ปรอท ค่านี้ช่วยบ่งบอกถึงภาวะการหายใจได้โดยตรง หากในขณะหลับพบว่ามีความ CO_2 มากกว่า 55 มม.ปรอท เกิน 10 นาที หรือค่าของระดับ CO_2 มากขึ้นจากระดับ CO_2 ช่วงตื่น มากกว่า 10 และสูงกว่า 50 มม.ปรอท นานเกิน 10 นาที ก็จะมีการรายงานภาวะ sleep-related hypoventilation ในรายงานผลการตรวจการนอนหลับ

โรคที่พบภาวะ CO₂ สูงผิดปกติขณะนอนหลับ

โรคที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับบางโรคสัมพันธ์กับความผิดปกติของ pCO₂ เช่นภาวะ obstructive hypoventilation ในเด็ก หรือ sleep-related hypoventilation ที่อาจพบได้ในโรคหยุดหายใจขณะหลับ (obstructive sleep apnea, OSA) หรือ โรคอ้วนกับการหายใจที่ลดลง (obesity hypoventilation syndrome, OHS) ระหว่างการนอนหลับ การตรวจวัดค่า CO₂ อย่างต่อเนื่องในผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจการนอนหลับเป็นสิ่งสำคัญ ใช้ในการประเมินภาวะความผิดปกติที่ทำให้เกิด hypoventilation² ในเวลากลางคืนของผู้ป่วย ทั้งนี้ทำการตรวจวัดได้ 3 วิธี ได้แก่ การสุ่มตัวอย่างจากเลือดแดง (arterial blood gas) การวัดค่า CO₂ ทางลมหายใจออก (end-tidal CO₂: EtCO₂) และการวัดค่า CO₂ ทางผิวหนัง (TcCO₂) อย่างไรก็ตาม วิธีการตรวจบางวิธีอาจไม่เหมาะสมในการใช้กับการตรวจการนอนหลับ กล่าวคือการสุ่มตัวอย่างจากเลือดแดงนั้นไม่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่องและไม่สามารถทำได้โดยไม่รบกวนการนอนหลับของผู้ป่วย การวัดค่า CO₂ ทางลมหายใจ EtCO₂ นั้นต่อเนื่อง และใช้งานง่าย อย่างไรก็ตามคุณภาพของ EtCO₂ ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสรีรวิทยา และอัตราการระบายอากาศของปอดและอวัยวะในการหายใจของผู้ป่วย และไม่สามารถตรวจควบคู่ไปกับการตรวจการนอนหลับชนิดที่ใช้เครื่องอัดแรงดันอากาศ (PAP) คุณภาพของการวัด EtCO₂ อาจไม่ดีเท่าการสุ่มตัวอย่างจากเลือดแดง การตรวจสอบ TcCO₂ เป็นการตรวจอย่างต่อเนื่องไม่รบกวนการนอนหลับ แม่นยำและสามารถตรวจพร้อมกับ PAP ได้ จึงใช้ในการตรวจการนอนหลับได้อย่างกว้างขวางและปลอดภัย โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดในการตรวจ TcCO₂ ต่อไป

ข้อบ่งชี้ในการตรวจวัด CO₂ ในผู้ป่วยตรวจการนอนหลับ

1. เพื่อประเมินภาวะ obstructive hypoventilation ในผู้ป่วยเด็กที่สงสัย OSA
2. เพื่อประเมินภาวะ sleep-related hypoventilation ในผู้ป่วยบางราย หรือผู้ป่วยอ้วน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มีดัชนีมวลกาย (BMI) มากกว่า 30 กก./ม², ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD), ผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง

อุปกรณ์วัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ทางผิวหนัง (TcCO₂)



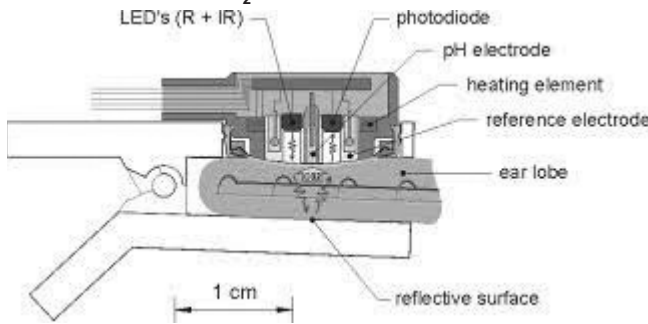
รูปที่ 1. อุปกรณ์วัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ทางผิวหนัง (TcCO₂) ชนิดหนึ่ง³



รูปที่ 2. วัสดุอุปกรณ์วัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ทางผิวหนัง (TcCO₂)

- | | |
|-------------------------|--|
| a. เครื่อง Sentec | b. สายไฟ |
| c. คู่มือการใช้งาน | d. CD แนะนำการใช้งาน |
| e. สาย V-Sign sensor | f. สายต่อ sensor กับเครื่อง Sentec |
| g. ชุดเปลี่ยนหัว sensor | h. Clip หนีบหู / แผ่นติด sensor Multi-site Attachment Ring |
| i. เจลนำสัญญาณ | k. แก๊สสำหรับ calibration sensor |
| l. แผ่นโปรแกรม | |

หลักการทำการตรวจวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ทางผิวหนัง (T_{cp}CO₂)



รูปที่ 3. หัวตรวจจับ (sensor)

หัวตรวจจับ (sensor) จะถูกแปะบริเวณผิวหนังในตำแหน่งที่กำหนด ความร้อนที่ปลายสายหัว sensor จะทำให้มีการขยายตัวของหลอดเลือดฝอยบริเวณที่ sensor สัมผัสอยู่ ส่งผลทำให้แก๊สต่างๆ ในหลอดเลือดรวมถึง CO₂ ซึมผ่านผิวหนังเข้ามายังเยื่อแผ่นตรวจวัด (membrane) ได้โดยง่าย CO₂ ที่แพร่มาจับกับ membrane ทำปฏิกิริยากับน้ำ (H₂O) ที่ฉาบอยู่ เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H₂CO₃) และแตกตัวออกเป็นไฮโดรเจน (H⁺) และไบคาร์บอเนต (HCO₃⁻) เครื่องจะวัดการเปลี่ยนแปลงของ H⁺(pH) แล้วแปลงกลับมาเป็นระดับ CO₂ และแสดงผลออกมาที่หน้าจอแสดงผล

ข้อจำกัดในการใช้งานเครื่อง SenTec®

1. ในผู้ป่วยที่มีภาวะ shock, low cardiac index, low perfusion
2. ในผู้ป่วยที่มีแผลตักสะเก็ดบริเวณที่ติด sensor
3. ภาวะที่อุณหภูมิของร่างกายต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส (hypothermia)
4. ในผู้ป่วยใช้ยาเกี่ยวกับหลอดเลือด vasoactive drugs
5. ผิวหนังเหี่ยวย่น (หากต้องการติด sensor ต้องดึงผิวหนังให้ตึงก่อนติด sensor)

ข้อแนะนำการเตรียมเครื่อง SenTec® ก่อนการใช้งาน

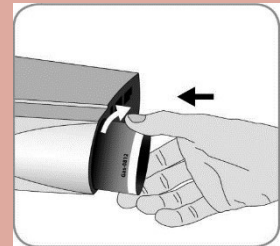
1. เปลี่ยน membrane ใหม่ทุก 42 วัน และทุกครั้งที่เปลี่ยน membrane ควรเปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 4 ชั่วโมง และเก็บ sensor ไว้ใน docking station โดยที่ห้ามนำไปใช้งาน

และหลังจากนั้นให้ทำ sensitivity test ทุกครั้งหลังเปลี่ยน membrane โดยเข้าไปที่ menu กด >> เลือก Measurement Setting กด >> เลือก pCO₂ Setting กด >> เลือก pCO₂ Sensitivity Test ในกรณีพบ membrane มีรอยขีดข่วนหรือชำรุด ควรเปลี่ยนทันทีโดยไม่จำเป็นต้องรอถึงวันหมดอายุ (42 วัน) เพราะจะทำให้การวัดค่า CO₂ นั้นไม่ได้คุณภาพ

2. ควรเปิดเครื่อง SenTec® และทำ bio calibration ไว้ก่อนการใช้งานประมาณ 2 ชั่วโมง เพราะจะทำให้ได้ค่าที่ตรวจวัดแม่นยำ (ในกรณีที่ตรวจการนอนหลับที่ใช้เวลามากกว่า 10 ชั่วโมง ขึ้นไป)

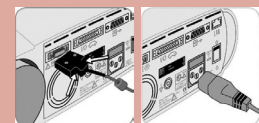
ขั้นตอนการใช้งานเครื่องวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ทางผิวหนัง (T_{cp}CO₂)⁴

1. ใส่กระป๋องแก๊สเข้าไปในช่องทางด้านหลังเครื่อง โดยหมุนตามเข็มนาฬิกา

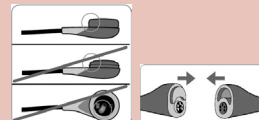


2. เมื่อเปิดเครื่องที่หน้าจอจะแสดงร้อยละของแก๊สในกระป๋อง โดยดูจากสัญลักษณ์ 100% และควรเปลี่ยนแก๊สกระป๋องใหม่เมื่อหน้าจอแสดงสัญลักษณ์ 0% โดยหมุนทวนเข็มนาฬิกาเพื่อนำกระป๋องแก๊สอันเก่าออกมา

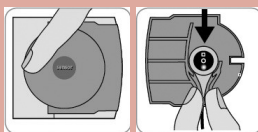
3. ต่อสาย cable ทางด้านหลังเครื่อง



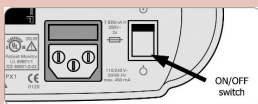
4. ตรวจสอบหัว sensor แล้วต่อสาย sensor กับสาย cable



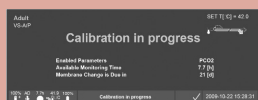
5. เปิดฝาช่องใส่ sensor และนำ sensor เข้าไปให้ตรึงล็อก โดยหันหน้า membrane ออก พร้อมปิดฝา



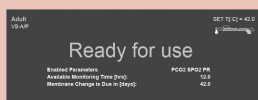
6. เมื่อเปิดสวิตช์เครื่องจะทำการการสอบเทียบหัววัด (calibration sensor)



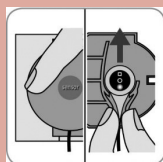
7. เมื่อเปิดสวิตช์ เครื่องจะทำการ calibration sensor โดยหน้าจอจะขึ้นตามภาพ



8. รอจนกระทั่ง calibration sensor เสร็จ เครื่องจะแสดงที่หน้าจอ Ready for use

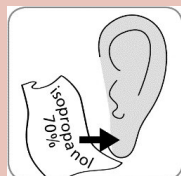


9. เปิดฝาช่องใส่ sensor แล้วนำ sensor ออกมา

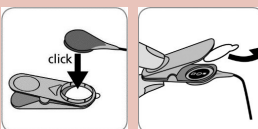


10. นำ sensor มาติดกับคนไข้ โดยสามารถติดได้ 2 แบบ

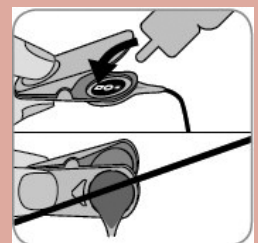
10.1 ติด sensor โดยใช้หูหนีบ (ear clip) ที่บริเวณติ่งหู



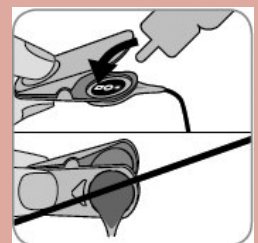
10.1.1 ทำความสะอาดใบหู ด้วย alcohol pad ในส่วนที่ติดอุปกรณ์



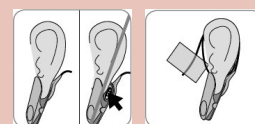
10.1.2 วาง sensor ลงบน ear clip และลอกแผ่นกาวออก



10.1.3 วาง sensor ให้ขนานกับพื้นแล้วหยดเจลลงบน sensor



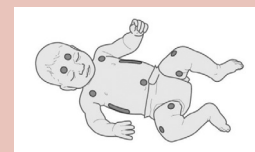
10.1.4 ติดอุปกรณ์กับใบหู และเก็บสาย sensor ให้เรียบร้อย



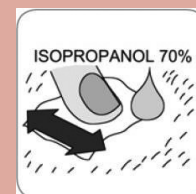
10.2 ติด sensor บริเวณผิวหนัง โดยใช้ multi-site attachment ring ตำแหน่งที่แนะนำให้ติดในผู้ใหญ่⁵



ตำแหน่งที่แนะนำให้ติดในเด็ก⁵



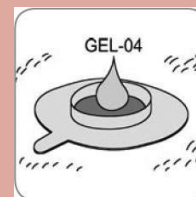
10.2.1 ทำความสะอาดด้วย alcohol pad จุดที่จะติดอุปกรณ์



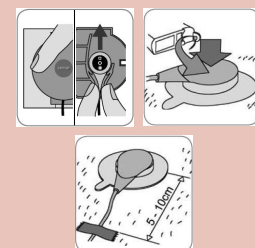
10.2.2 แปะ multi-site attachment ring ลงจุดที่ทำความสะอาด



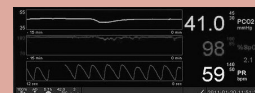
10.2.3 หยดเจลลงใน multi-site attachment ring 1 หยด



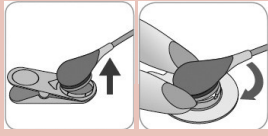
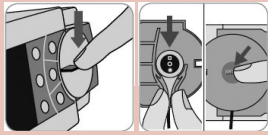
10.2.4 นำ sensor มาใส่ใน multi-site attachment ring พร้อมแปะเทปล๊อคสาย



11. รอจนหน้าจอแสดงกราฟและตัวเลขของค่า pCO₂ เป็นสีเขียว แสดงว่าค่าที่ออกมาถูกต้อง



การถอดและการทำความสะอาด sensor

1. นำ sensor ออกจาก ear clip หรือ multi-site attachment ring	
2. ทำความสะอาด sensor ด้วย alcohol pad	
3. เปิดฝาใส่ sensor พร้อมใส่ sensor แล้วปิดฝา	

ปัญหาที่พบบ่อย และคำแนะนำการแก้ไข

1. กรณีค่า pCO_2 ที่วัดได้ค่าต่ำผิดปกติเกินไปและค่าไม่คงที่ (unstable) ในขณะที่ทำการวัดผ่านไป 10 นาที สาเหตุที่เป็นไปได้ ได้แก่

- มีฟองอากาศอยู่ หรือมีช่องว่างระหว่างผิวหนังกับตัว sensor แก้ไขโดย ลองหมุน sensor ซ้ำๆ ขณะที่กำลังใส่ลงบน ear clip หรือ multi-site attachment ring ให้ contact gel กระจายตัวสม่ำเสมอ เพื่อลดช่องว่างระหว่าง sensor และผิวหนัง

- ใช้ contact gel มากเกินไป แก้ไขโดยทำความสะอาด sensor และผิวหนังใหม่โดยใช้ alcohol pad และติดใหม่อีกครั้ง โดยหยด contact gel แค่ 1 หยดเท่านั้น ถ้าต้องการแปะ sensor ซ้ำใหม่ในบริเวณเดิมให้ทำความสะอาด sensor และ ผิวหนังใหม่อีกครั้งก่อนติดซ้ำ

2. กรณีค่า pCO_2 ที่วัดได้สูงเกินไปผิดปกติและค่าไม่คงที่ สาเหตุที่เป็นไปได้ เช่น เกิดจากคนไข้มีปัญหา low perfusion เช่น ภาวะ shock, hypothermia ทำให้การขยายของหลอดเลือดน้อยลง ทำให้เลือดไหลเวียนไม่ดี และส่งผลให้การวัดค่าผิดปกติได้ แก้ไขโดยควรใช้วิธีวัดค่า CO_2 แบบ $EtCO_2$ แทน ควรหลีกเลี่ยงการกด sensor ลงบนผิวหนังคนไข้ และไม่ควรให้คนไข้นอนทับด้านที่ติด sensor หรืออย่าดึงสายเคเบิล ไม่ควรใช้เทปติดหรือกดทับหัว sensor ในขณะที่ติดกับคนไข้ เพราะจะทำการวัดค่า CO_2 เกิดความผิดพลาด

ข้อควรระวัง

หลังจากใช้งานเครื่องเรียบร้อยแล้วควรนำ sensor เก็บในที่วางหัววัดตรงฝาเปิด (docking station door) ไม่ควรวาง sensor นอก docking station door เพราะจะทำให้ sensor ชำรุด

สรุป

เทคนิคการติด $TcpCO_2$ ตรวจวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ทางผิวหนังในผู้ป่วยตรวจการนอนหลับ มีความสำคัญในประเมินภาวะ hypoventilation เจ้าหน้าที่ตรวจการนอนหลับควรมีความรู้ในการเตรียมเครื่อง และทำการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำและสามารถให้การบริการผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อ.พญ.ชวนนท์ พิมลศรี และ อ.พญ.ชรินทร์ รุ่งมณี แพทย์ประจำศูนย์นิติเวชศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำปรึกษา และให้ข้อเสนอแนะเป็นอย่างดีในบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

1. American Association of Sleep Technologists. Transcutaneous CO_2 Monitoring. [Internet]. 2020 [cited 2020 Nov1]. Available from: https://www.aastweb.org/hubfs/Transcutaneous_CO2_MonitoringAASST_Technical_Guideline.pdf.
2. ชวนนท์ พิมลศรี, วิชญ์ บรรณหิรัญ. การทดสอบการนอนหลับในห้องปฏิบัติการและการแปลผล. ใน: วิชญ์ บรรณหิรัญ, ภาวิน เกษกุล, บรรณาธิการ. การกรนและ OSA. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ศิริราช; 2562. หน้า 129-54.
3. Transcutaneous monitoring system. [Internet]. 2020 [cited 2020 Nov 6]. Available from: <https://www.sentec.com/products/sentec-transcutaneous-monitoring-system/>.

4. SenTec. Single-use / nonsterile for adult, pediatric, and neonatal patients for use with SenTec TC Sensors.[Internet]. 2020 [cited 2020 Nov 6]. Available from: https://www.sentec.com/fileadmin/documents/Labeling/DFUs/HB-005968-g-MAR_Directions_for_Use_EN.pdf.
5. Overcoming limitations of arterial blood gases, EtCO2 and SpO2 monitoring. [Internet]. 2020 [cited 2020 Nov 6]. Available from: <https://thinkmdi.net/v-sign-system-sentec/>.