บทที่ 1

บทนำ

การนอนเป็นกิจกรรมหนึ่งของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ หรือมนุษย์ ต่างก็ต้องมีช่วงเวลาของสำหรับการนอนด้วยกันทั้งนั้น ความสำคัญของการนอนไม่ได้เป็นเพียงแค่การพักผ่อนเท่านั้น หากแต่ในขณะที่หลับนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบภายในร่างกายไม่ว่าจะเป็นระดับฮอร์โมน อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ สัญญาณไฟฟ้าต่าง ๆ ของร่างกาย ฯลฯ ซึ่งในแต่ละวันการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร (Circadian Rhythm) นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาวะจิตในขณะที่หลับด้วย ในทางการแพทย์สามารถนำกลไกที่เกิดขึ้นเหล่านี้นำมาใช้ประโยชน์ในการวินิจฉัยโรคที่เกี่ยวกับการนอน (Sleep disorder) และวิเคราะห์หาสาเหตุของสภาวะจิตบกพร่องได้ จึงมีผู้ให้ความสนใจศึกษาถึงสภาวะการหลับอย่างกว้างขวาง [1,2]

1.1 สภาวะการหลับ

ในการศึกษาสภาวะการหลับโดยทั่วไปสภาวะการหลับนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 สภาวะใหญ่คือ สภาวะที่ไม่มีการเคลื่อนไหวตาอย่างเร็ว (Non Rapid Eye Movement: NREM) และสภาวะการเคลื่อนไหวตาอย่างเร็ว (Rapid Eye Movement: REM) ซึ่งสามารถจำแนกย่อยสภาวะที่ไม่มีการกรอกตาอย่างเร็วออกได้อีก 4 ระยะคือระยะที่ 1, 2, 3 และ 4 จึงสามารถกล่าวได้ว่าสภาวะการหลับนั้นมี 5 ระยะด้วยกัน ได้แก่ระยะที่ 1, 2, 3, 4 และ REM

สภาวะการหลับจะเริ่มตั้งแต่ระยะที่ 1, 2, 3, 4 ไปจนถึง REM ซึ่งเป็นวงจรการหลับ (Cycle) ที่จะหมุนเวียนเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการนอน นอกจากนี้ในระหว่างวงจรหลับอาจมีการตื่นขึ้นบ้างเป็นบางครั้ง ในแต่ละวงจรการหลับจะใช้เวลาประมาณ 90 – 110 นาที ซึ่งคืน ๆ หนึ่งอาจเกิดวงจรการหลับขึ้นได้ 4 –5 รอบด้วยกัน ระยะเวลาของวงจรจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมในแต่ละวันและเงื่อนไขทางร่างกายของแต่ละคนด้วย

แม้จะมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนอนอย่างกว้างขวาง แต่ก็ยังไม่มีบทสรุปที่แน่ชัดในบทบาทและหน้าที่ของสภาวะ REM และ NREM อย่างไรก็ตามมีปรากฏการณ์ที่น่าสนใจซึ่งเกิดขึ้นขณะหลับ ดังนี้

ในสภาวะ NREM [1]

- ในสภาวะการหลับระยะที่ 4 ซึ่งเรียกว่า Delta sleep นั้น จะมีการหลั่งของ Growth hormone มากที่สุด
- ระยะเวลาการเกิด Delta sleep นั้น ขึ้นอยู่กับอัตราการสันดาปที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน เช่น การออกกำลังกาย เป็นต้น

- ขณะที่เกิด Delta sleep การทำงานของสมองจะลดลงทำให้มีปริมาณการใช้ออกซิเจนต่ำลง
- เหตุการณ์ทางสภาวะจิต (Psychological event) จะลดลง และไม่เป็นระเบียบ (Disorganized)

ในสภาวะ REM [1, 3, 4]

- มีการพัฒนาของสมอง
- การฟื้นคืนของระดับสารเคมีและโปรตีนในสมอง
- การจัดเก็บข้อมูลในสมอง เช่น การกำจัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นออกไปจากหน่วยความจำเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลใหม่ รวมถึงการเสริมความรู้ใหม่ในหน่วยความจำเดิมด้วย
- ร่างกายจะเหมือนเป็นอัมพาต สังเกตได้จากคลื่นกล้ามเนื้อที่วัดได้ในสภาวะ REM จะมีขนาดต่ำกว่าในระยะการหลับอื่น ๆ ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นป้องกันการแสดงออกตามความฝันหรือ ละเมอ
- จัดการกับความเครียดและปัญหาที่เจอมาในแต่ละวันด้วยความฝัน[5, 6]

จากผลการวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมาสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า สภาวะ REM มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลในสมองและกลไกการทำงานของจิตด้วย ในขณะที่สภาวะ NREM จะเป็นช่วงที่เกิดการฟื้นฟูทางสภาพร่างกาย

นักวิจัยจำนวนมากได้ให้ความสนใจศึกษาสภาวะ REM เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยเฉพาะเรื่องของความฝันที่เกิดขึ้นกับทุกคนและเป็นปรากฏการณ์ที่เชื่อมโยงไปถึงสภาวะจิตได้ด้วย ความฝันนั้นเกิดขึ้นได้ทั้งคืนในขณะที่หลับ แต่ความฝันที่สามารถจดจำได้ ส่วนมากจะเป็นความฝันที่เกิดในช่วง REM [1, 5, 6] ซิกมันด์ ฟรอยด์ จิตแพทย์ชาวออสเตรีย ได้สังเกตพบว่าผู้ป่วยทางจิตมักจะบรรยายถึงความฝันในขณะที่ทำการบำบัด (Free association) ซึ่งหากเข้าใจความหมายของความฝันก็สามารถทำการบำบัดรักษาได้อย่างเหมาะสม ในคนปกติ ความฝันจะเป็นการผ่อนคลายความเครียดซึ่งอาจจะเป็นเรื่องราวสมือนจริง หรืออาจเป็นสัญลักษณ์ตัวแทนที่เกิดขึ้นด้วยกลไกการป้องกันอัตตา (Ego protection) ของเราเอง บางครั้งความฝันอาจจะให้คำตอบของปัญหาที่ยังคิดไม่ออกในขณะที่ตื่นอยู่ได้ เรื่องนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันมากเกี่ยวกับความสามารถในการเรียนรู้ในขณะที่เราหลับ ซึ่งมีผู้ให้คำอธิบายที่น่าสนใจว่า ความจริงแล้วคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่เราคิดได้ขณะที่ตื่นอยู่ แต่เนื่องจากในขณะนั้นสมองไม่สามารถจัดระเบียบทางความคิดได้ เราจึงไม่ทราบคำตอบ เมื่อเราหลับจนถึงสภาวะ REM สมองจะทำการจัดระบบความจำใหม่ทำให้เราได้คำตอบจากความฝันนั้นเอง [5, 6] นอกจากนี้ Cohen และคณะได้ทำการศึกษาถึงการทำงานของสมองขณะหลับว่าเป็นการทำงานของสมองซีกซ้ายหรือขวา โดยให้ผู้ทดลองทำแบบสอบถามหลังจากถูกปลุกให้ตื่นในช่วง REM ซึ่งพบว่าขณะที่เกิดสภาวะ REM มีการทำงานของสมองซีกซ้ายเด่นชัดกว่าสมองซีกขวา [1]

การอดนอนหรือนอนไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดความแปรปรวนทางอารมณ์และความเครียดได้ง่าย ในขณะที่ความสามารถในการทำงานลดลง ผลของการอดนอนนั้นยังแบ่งได้ว่าเป็นผลจากการขาดสภาวะการนอนระยะใด กล่าวคือ การขาดหายของช่วง REM ทำให้เกิดลักษณะ hyperactivity และสูญเสีย interpersonal skills ในขณะที่การขาดหายของระยะที่ 4 ทำให้เกิดลักษณะ hypoactivity และเกิดความรู้สึกหดหู่เซื่องซึมได้ [3]

นอกจากนี้แล้ว ช่วงเวลาของการตื่นก็มีความสำคัญมาก ในบางครั้งเราตื่นขึ้นมาพร้อมกับความรู้สึกมึนศีรษะ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเราตื่นขึ้นมาจากสภาวะการหลับระยะที่ 3 และ 4 หรือ deep sleep ซึ่งมีการทำงานของสมองแตกต่างจากสภาวะที่ตื่นอย่างมาก จึงมีคำแนะนำว่าช่วงเวลาที่เหมาะกับการตื่นคือช่วงที่จบสภาวะ REM ด้วยเหตุผลง่าย ๆ ว่าการตื่นจากสภาวะ REM ง่ายกว่าการตื่นจากระยะตอนอื่น เพราะคลื่นสมองในสภาวะนี้จะใกล้เคียงกับสภาวะที่ตื่นอยู่ [4]

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่ามีผู้ให้ความสนใจศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะหลับมากมาย แต่การหลับก็ยังเต็มไปด้วยปริศนาที่มีผู้สนใจทำการศึกษาหาคำตอบจนปัจจุบันนี้ และจะสังเกตเห็นว่าในการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ นั้นจำเป็นต้องทำการจำแนกสภาวะการหลับด้วย

1.2 ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์ [7]

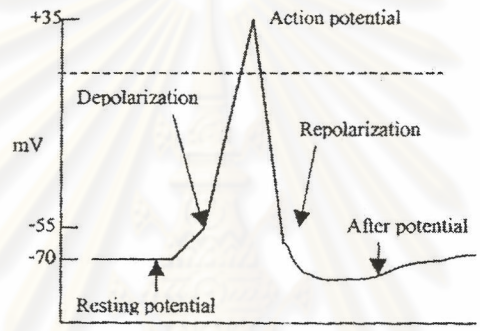
สัญญาณไฟฟ้าจากร่างกายเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของแต่ละเซลล์โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1.1 สัญญาณไฟฟ้าเหล่านี้จะถูกส่งไปตามเซลล์ประสาท (Neuron) ในสภาวะที่สมดุล จะมีการแพร่ (Diffusion) และการปั๊มของโปแตสเซียมอิออน และโซเดียมอิออนระหว่างภายนอกเซลล์และภายในเซลล์ อันเนื่องมาจากความแตกต่างของความเข้มข้นของอิออนทั้งสองระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ และการทำงานของอิออนปั๊ม ที่จุดสมดุลนี้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมผนังเซลล์ราว –80 mV เมื่อเปรียบเทียบกับนอกเซลล์ ในสภาพเช่นนี้เราเรียกว่าการเกิดโพลาไรซ์ (Polarization) ขึ้นที่เซลล์ และเรียกศักย์ไฟฟ้าที่จุดสมดุลนี้ว่า ศักย์ไฟฟ้าสงบ (Resting potential) ค่าของศักย์ไฟฟ้านี้จะขึ้นกับชนิดของเซลล์ และขึ้นกับความเข้มข้นของอิออนภายในและภายนอกเซลล์

เมื่อเซลล์ถูกกระตุ้นจากภายนอกไม่ว่าจะเป็นการกระตุ้นเชิงกล หรือการกระตุ้นด้วยสารทางชีวเคมี ผนังเซลล์จะมีการเปลี่ยนสภาพไปชั่วครู่ ซึ่งทำให้เกิดการแพร่ของโซเดียมอิออนที่มีอยู่มากทางภายนอกเซลล์ แพร่เข้าไปในเซลล์อย่างรวดเร็ว โดยจะมีปริมาณของโปแตสเซียมอิออนไหลแพร่ออกมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้เอง จึงทำให้ภายในเซลล์มีประจุบวกมากขึ้น และมีศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับภายนอกเซลล์ ศักย์ไฟฟ้านี้เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าไวงาน (Action potential) และเรียกสภาพการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าเช่นนี้ว่า เซลล์ถูกดีโพลาไรซ์ (Depolarized) หรือเกิด

การดีโพลาไรซ์ (Depolarization) ขึ้น ศักย์ไฟฟ้าไวงานนี้จะมีค่าราว +30 mV เมื่อเทียบกับภายนอกเซลล์

เมื่อเวลาผ่านไปการแพร่ของโซเดียมอิออน และอิออนชนิดอื่นจะเข้าสู่ที่จุดสมดุลใหม่ หลังจากนั้นผนังเซลล์จะค่อย ๆ กลับคืนสู่สภาวะเดิมในตอนแรก โดยจะมีการปั๊มโซเดียมอิออนออกไปโดยกลุ่มของโปรตีนที่เรียกว่า อิออนปั๊ม (Ion pump) ลักษณะของการเปลี่ยนสภาวะที่มีศักย์ไฟฟ้าไวงานเพื่อกลับไปอยู่ในสภาวะเริ่มแรกนี้เรียกว่า รีโพลาไรเซชั่น(Repolarization)

ขนาดของศักย์ไฟฟ้าไวงานที่เกิดขึ้นจะแตกต่างไปตามชนิดของแต่ละเซลล์ และการกระตุ้นจะต้องมีความแรงเกินจุดจำกัดอันหนึ่งที่เรียกว่า จุดเริ่มเปลี่ยน(Thershold)



รูปที่ 1.1 ศักย์ไฟฟ้าไวงาน

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะการหลับกับสัญญาณไฟฟ้าจากร่างกาย

จากที่กล่าวมาข้างต้นว่าขณะที่หลับจะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ รวมทั้งสัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้จากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายด้วย ซึ่งในการจำแนกสภาวะการหลับโดยทั่วไปได้อ้างอิงตามกฎของ Rechtschaffen และ Kales [2] ที่จำแนกสภาวะการหลับด้วยลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าคลื่นสมอง (Electroencephalogram: EEG), คลื่นลูกตา (Electroocculogram: EOG) และคลื่นกล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ก่อนที่จะกล่าวถึงลักษณะของคลื่นเหล่านี้ในระยะการหลับต่าง ๆ ขอกล่าวถึงลักษณะทั่วไปของสัญญาณไฟฟ้าเหล่านี้เพื่อความเข้าใจเบื้องต้นก่อน

คลื่นสมองเป็นศักย์ไฟฟ้าชีวภาพที่เกิดขึ้นที่สมอง ซึ่งเป็นกระบวนการทางปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีของระบบประสาท ศักย์ไฟฟ้าของคลื่นสมองที่ทำการวัดจากอิเล็กโทรดที่ติดอยู่บนหนังศรีษะจะเป็นผลรวมของศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ประสาทของส่วนต่าง ๆ ของเปลือกสมอง (Cortex) และส่วนอื่น ๆ รวมกัน โดยทั่วไปในการวัดคลื่นสมองจะทำตามมาตรฐานของ The International Federation of EEG Societies: ซึ่งจะทำการวางอิเล็กโทรดแบบที่เรียกว่า ระบบ 10 – 20 EEG อิเล็กโทรด โดยที่ลักษณะทั่วไปของคลื่นสมองจะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของการวัดและนำไปใช้งาน

แตกต่างกัน สัญญาณคลื่นสมองจะมีขนาดประมาณ 1 –100 μV และมีความถี่อยู่ในช่วง 0.5 – 30 Hz ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ช่วงความถี่ คือ ช่วงเดลต้า (δ) จาก 0.5 – 4 Hz มีขนาดน้อยกว่า 100 μV p-p , ช่วงเทต้า (θ) จาก 4 – 8 Hz มีขนาดน้อยกว่า 100 μV p-p , ช่วงอัลฟา (α) จาก 8 – 13 Hz มีขนาดน้อยกว่า 10 μV p-p , ช่วงเบต้า (β) จาก 13 – 22 Hz มีขนาดน้อยกว่า 100 μV p-p และช่วงแกมมา (γ) จาก 22 – 30 Hz มีขนาดน้อยกว่า 100 μV p-p [7]

คลื่นลูกตานั้นเป็นศักย์ไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างเรตินาที่มีอัตราการสันดาปภายในสูงกว่ากระจกตา อิเล็กโทรดจะถูกติดที่บริเวณรอบดวงตาขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการวัดสัญญาณ เพื่อวัดการเคลื่อนที่ของลูกตาหรือการกรอกตา โดยทั่วไปคลื่นลูกตาจะมีขนาดอยู่ในช่วง 10 μV – 5 mV และมีความถี่ในช่วง dc – 50 Hz [2, 8]

ส่วนคลื่นกล้ามเนื้อจะมีขนาดอยู่ในช่วง 50 μV – 5 mV และมีความถี่ในช่วง 2 – 2000 Hz ในการจำแนกสภาวะการหลับจะทำการวัดที่ใต้คางซึ่งจะบ่งบอกสภาวะการกรอกตาอย่างเร็ว การวัดสัญญาณคลื่นกล้ามเนื้อที่ตำแหน่งอื่น ๆ จะบอกถึงการเคลื่อนไหวของร่างกายในขณะที่หลับ การหายใจและความผิดปกติขณะหลับ (Sleep disorder) [2, 8]

ขณะที่ตื่นอยู่นั้นลักษณะของคลื่นสมองจะไม่เป็นระเบียบ มีขนาดต่ำ และมีความถี่ในช่วงเบต้า (13 – 22 Hz) เมื่อเราพักผ่อน คลื่นสมองที่เกิดขึ้นจะมีความเป็นระเบียบมากขึ้นและมีเสถียรภาพค่อนข้างสูง กล่าวคือมีการเปลี่ยนแปลงของความถี่ไม่เกิน 0.5 Hz ลักษณะของความถี่แบบนี้เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) ของสมอง ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วงอัลฟา (8 – 13 Hz) คลื่นลูกตาจะอยู่ภายใต้ความควบคุมของอำนาจจิตใจ ซึ่งจะประกอบด้วยการกรอกตาและการกะพริบตา บ่อยครั้งที่คลื่นลูกตาจะแสดงการเปลี่ยนจากสภาวะที่ตื่นอยู่ไปสู่สภาวะการหลับระยะที่ 1 ก่อนที่จะสังเกตได้จากคลื่นสมอง การเคลื่อนไหวร่างกายทำให้คลื่นกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ในขณะที่ร่างกายผ่อนคลายคลื่นกล้ามเนื้อที่วัดได้จะไม่สามารถแยกออกได้จากคลื่นกล้ามเนื้อในสภาวะการหลับที่ไม่มีการกรอกตา [2]

ในขณะที่เริ่มหลับนั้น ความถี่ช่วงอัลฟาจะถูกแทนที่ด้วยคลื่นขนาดเล็ก มีความถี่ผสมในช่วงเทต้า (4 – 8 Hz) คลื่นลูกตาจะเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ (Slow Eye Movement: SEM) คลื่นกล้ามเนื้อจะค่อย ๆ มีขนาดลดลง ซึ่งเป็นระยะที่ 1 ของสภาวะการหลับ โดยเกิดขึ้นประมาณ 4 –5 % ของช่วงเวลาการหลับ

ในระยะที่ 2 นั้นคลื่นสมองจะมีลักษณะเหมือนระยะที่ 1 แต่จะเกิดระลอกคลื่นมีความถี่ในช่วง 12 – 14 Hz เป็นเวลาประมาณ 0.5 – 1.5 วินาที ซึ่งเรียกว่า Sleep spindle และ K – complexes ซึ่งเป็นคลื่นสมองที่มียอดแหลมเป็นลบขนาดใหญ่และจะเกิดองค์ประกอบคลื่นความถี่ต่ำเป็นบวกตามมาด้วยเสมอ โดย K – complexes จะใช้เวลาประมาณ 0.5 วินาทีขึ้นไป ทั้ง Sleep spindle และ K – complexes จะเกิดขึ้นเป็นระยะ และถือเป็นมาตรฐานในการจำแนกระยะตอนที่ 2 ออกจากระยะ

ตอนที่ 1 หากแบบใดแบบหนึ่งเกิดขึ้นภายในช่วง 3 นาทีเมื่อคลื่นสมองมีขนาดเล็ก ความถี่ผสม ("3 – min" rule) ในผู้ใหญ่ Sleep spindle จะเกิดขึ้น 3 – 8 ครั้งใน 1 นาที Sleep spindle และ K – complexes จะสามารถสังเกตได้จากคลื่นลูกตาเช่นเดียวกัน ซึ่งทำให้คลื่นลูกตาแบบ SEM เกิดขึ้นเพียงช่วงสั้น ๆ เท่านั้น และเกิดขึ้นหลังการเกิด Sleep spindle และ K – complexes ส่วนคลื่นกล้ามเนื้อจะมีขนาดต่ำเมื่อเทียบกับขณะที่ตื่น ซึ่งระยะนี้จะเกิดขึ้นประมาณ 45 –55 % ของช่วงเวลาการหลับ

ระยะที่ 3 จะมีคลื่นสมองขนาดใหญ่กว่า 75 μVp-p มีความถี่ต่ำอยู่ในช่วงเดลต้าเกิดขึ้น 20 – 50 % ของช่วงเวลาที่พิจารณาหรือในช่วงเวลา 30 วินาที (1 epoch) นั่นเอง ในระยะนี้จะไม่มีการเคลื่อนไหวของตาแต่สัญญาณคลื่นลูกตาที่เกิดขึ้นจะเป็นสัญญาณที่สอดคล้องกับคลื่นสมอง คลื่นกล้ามเนื้อจะมีลักษณะเหมือนกับระยะที่ 2 ระยะนี้จะกินเวลาประมาณ 4 –6 % ของช่วงเวลาการหลับ

ระยะที่ 4 คล้ายกับระยะที่ 3 เพียงแต่คลื่นสมองขนาดใหญ่จะเกิดในอัตราที่มากกว่า 50 % ของช่วงเวลา 30 วินาที ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 12 – 15 % ของช่วงเวลาการหลับ

ระยะที่ 3 และ 4 นี้บางครั้งถือว่าเป็นระยะเดียวกันรวมเรียกว่า Deep sleep เนื่องจากแยกออกจากกันได้ยาก Sleep spindle และ K – complexes สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงนี้ แต่จำแนกออกจากคลื่นสมองปกติได้ยาก

สภาวะการเคลื่อนไหวตาอย่างเร็ว(REM) ขณะหลับเป็นระยะสุดท้ายของวงจรการหลับ ลักษณะของคลื่นสมองในระยะนี้จะเหมือนคลื่นสมองในระยะที่ 1 ส่วนคลื่นลูกตาจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีขนาดใหญ่ คลื่นกล้ามเนื้อจะมีขนาดเล็กที่สุดที่วัดได้ในช่วงคืนนั้น สภาวะนี้เกิดขึ้นประมาณ 20 –25 % ของเวลาที่หลับ [2]

ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะการหลับกับสัญญาณไฟฟ้าร่างกายทั้ง 3 ชนิดได้สรุปรวมไว้ในตารางที่ 1.1 โดยในบางครั้งก็ไม่สามารถระบุระยะการหลับได้ หาก EEG, EOG และ EMG ไม่สัมพันธ์กันตามที่กล่าวมา ลักษณะนี้เกิดขึ้นได้เมื่อสภาวะร่างกายไม่เป็นปกติ เช่น มีการอดนอนก่อนทำการวัด หรือเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการนอน ฯลฯ

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนมากจะมีวัตถุประสงค์ในการจำแนกสภาวะการหลับเพื่อวินิจฉัยโรคภาวะง่วงหลับ (Narcolepsy) [2] และอาการหายใจขัด (Sleep apnea) [2, 10, 11] รวมทั้งการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพวิธีการหาตัวแทนสัญญาณและเทคนิควิเคราะห์สัญญาณ เช่น Fuzzy logic [11], Hidden markov model [12], Neural Network [13, 14], Multivariate [15], Wavelet transform [16, 17]

ในการจำแนกสภาวะการหลับในงานวิจัยต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะอ้างอิงลักษณะของคลื่นสมองเป็นหลักและใช้คลื่นลูกตาและคลื่นกล้ามเนื้อช่วยในการจำแนกสภาวะการหลับ ซึ่งทำให้ระบบวัด

นั้นมีความยุ่งยากและไม่สะดวกกับคนไข้หรือผู้ถูกทดสอบ อย่างไรก็ตามจากลักษณะของแต่ละระยะการหลับที่กล่าวมา แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นลูกตากับคลื่นสมองที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามกัน จึงเกิดแนวคิดในการใช้เพียงคลื่นลูกตาเพื่อจำแนกสภาวะการหลับของมนุษย์เพื่อความสะดวกต่อการใช้งาน

ตารางที่ 1.1 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะการหลับกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจากร่างกาย

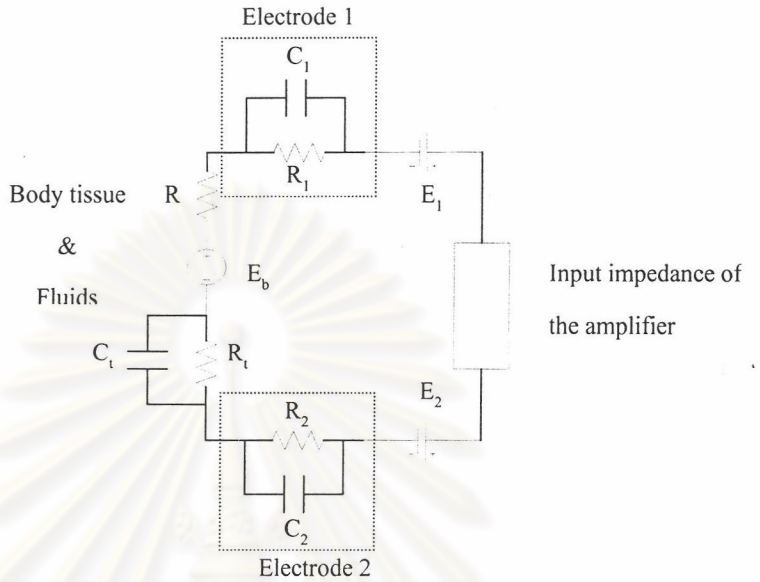
ระยะ	EEG	EOG	EMG	ปริมาณการเกิดในหนึ่งคืน(%)
1	ขนาดเล็ก มีความถี่ผสมในช่วงเทต้า (4 – 8 Hz)	จะเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ (Slow Eye Movement: SEM)	จะค่อย ๆ มีขนาดลดลง	4 - 5
2	มีความถี่ในช่วง 6 – 15 Hz เกิด Sleep spindle และ K – complexes	SEM เกิดขึ้นเพียงช่วงสั้น ๆ	ขนาดต่ำกว่าขณะที่ตื่น	45 – 55
3	ขนาดใหญ่กว่า 75 uVp-p มีความถี่ต่ำอยู่ในช่วงเดลต้าเกิดขึ้น 20 – 50 %	ไม่มีการเคลื่อนไหวของตา คลื่นลูกตาที่วัดได้จะสอดคล้องกับคลื่นสมอง	เหมือนระยะที่ 2	4 - 6
4	คลื่นสมองขนาดใหญ่เกิดในอัตราที่มากกว่า 50 %	เหมือนระยะที่ 3	เหมือนระยะที่ 2	12 - 15
REM	เหมือนในระยะที่ 1	มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (REM) และมีขนาดใหญ่	ขนาดเล็กที่สุดที่วัดได้	20 - 25

1.4 อิเล็กโทรด [8, 18]

ในการวัดสัญญาณไฟฟ้าจากร่างกายสามารถทำได้โดยใช้อิเล็กโทรด อิเล็กโทรดที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นอิเล็กโทรดแบบผิวสัมผัส คือใช้ติดกับผิวหนังของกล้ามเนื้อส่วนที่ต้องการจะวัด ในการประมาณว่าให้ผิวหนังทำหน้าที่เป็นไดอะแฟรมกั้นระหว่างสารละลาย 2 อันที่มีความเข้มข้นของไอออนที่ต่างกัน ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นไปตามสมการของ Nernst ดังนั้นวงจรสมมูลย์ที่จะแทนระบบดังกล่าวก็คือมีแหล่งกำเนิดแรงดันต่ออนุกรมกับตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกันอยู่ ตัวเก็บประจุจะแทนประจุที่เกิดขึ้นที่รอยต่อย ขณะที่ตัวต้านทานแสดงการแพร่ซึมของอิออนข้ามรอยต่อ

รูปที่ 1.2 แสดงวงจรสมมูลย์ของอิเล็กโทรดในการวัดสัญญาณไฟฟ้าจากร่างกาย จากรูปจะเห็นได้ว่าแรงดันที่เราวัดได้แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกัน หนึ่งคือ ศักย์ไฟฟ้าสัมผัส (contact

potential) ซึ่งก็คือ E_1 และ E_2 กับสัญญาณไฟฟ้าจากร่างกายที่เราสนใจ (E_b) ซึ่งถ้าเกิดศักย์ไฟฟ้าสัมผัสมากเกินไปก็จะทำให้ไปบดบังสัญญาณที่เราสนใจ ทำให้ผลการวัดไม่ดี ศักย์ไฟฟ้าสัมผัสนี้ขึ้นกับ ชนิดของผิวหนัง การเตรียมผิวหนัง และชนิดอิเล็กโตรไลท์



รูปที่ 1.2 วงจรสมมูลย์ของอิเล็กโทรดในการวัดสัญญาณไฟฟ้าจากร่างกาย

ในงานวิจัยนี้ใช้อิเล็กโทรดชนิด Ag/AgCl เนื่องจากเป็นแบบไม่โพลาไรซ์ (non-polarized) ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ที่ต่ำกว่าแบบโพลาไรซ์และยังให้เสถียรภาพที่ดีกว่า ลักษณะของอิเล็กโทรดที่ใช้เป็นอิเล็กโทรดแบบผิวสัมผัสเนื่องจากง่ายต่อการวัดและเหมาะสมในการใช้งานจริง ซึ่งในการใช้งานจะใช้เจลช่วยลดความต้านทาน (R_1 และ R_2 ในรูปที่ 1.2) ระหว่างผิวหนังกับอิเล็กโทรดด้วย

1.5 วัตถุประสงค์

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะทำการวัดสัญญาณคลื่นลูกตาเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการจำแนกสภาวะการหลับ โดยมีวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษา ออกแบบ และสร้างอุปกรณ์วัดสัญญาณคลื่นลูกตา
2. ศึกษาการหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณคลื่นลูกตาเพื่อใช้ในการจำแนกสภาวะการหลับ
3. ศึกษาและหาวิธีจำแนกสภาวะการหลับ

1.6 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ออกแบบ และสร้างวงจรวัดสัญญาณคลื่นลูกตา ได้แก่ วงจรขยายและวงจรกรอง จำนวน 1 ช่องสัญญาณ

2. เขียนโปรแกรมควบคุมการเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ โดยสามารถกำหนดอัตราสุ่มในการเก็บข้อมูล, จำนวนข้อมูลในหนึ่งตัวอย่าง, เวลาที่หยุดรอในเพื่อประมวลผลสัญญาณและจำนวนชุดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลได้
3. วัดและเก็บข้อมูลสัญญาณคลื่นลูกตาขณะหลับเพื่อใช้ในการจำแนกสภาวะการหลับ
4. ทดสอบหาเทคนิคการค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณคลื่นลูกตาที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการจำแนกสภาวะการหลับ
5. ทดลองหาอัลกอริธึมเพื่อใช้ในการจำแนกสภาวะที่ตื่น สภาวะไม่มีการเคลื่อนไหวตา และสภาวะที่เคลื่อนไหวตาอย่างเร็วออกจากกันได้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการพัฒนาระบบวัดและเก็บสัญญาณคลื่นลูกตา ซึ่งนำไปสู่การลดการนำเข้าอุปกรณ์ทางการแพทย์จากต่างประเทศ
2. สามารถนำการจำแนกสภาวะการหลับไปช่วยในการวินิจฉัยโรคได้ เช่น การกรน, อาการหายใจขัดขณะหลับ เป็นต้น
3. นำไปประยุกต์ใช้เปลี่ยนแปลงการนอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย