สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า

Electro Stimulator

โดย นายอุดมรัตน์ ลาดพันนา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีอิเล็คโทรนิคส์
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

วพ
ต0792ค
2540
เลขที่.....
เลขทะเบียน 86760
วัน,เดือน,ปี 14 ส.ค. 2552
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องกระตุ้นก้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า Electro Stimulator (ES)
ชื่อนักศึกษา	นาย อุดมรัตน์ ลาดพันนา รหัสประจำตัว 35-103-128
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2540

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

..... กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานพิเศษ : เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า

ชื่อนักศึกษา : นายอุดมรัตน์ ลาดพันนา

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

ปีการศึกษา : 2540

บทคัดย่อ

ร่างกายมนุษย์เคลื่อนไหวได้โดยการส่งสัญญาณจากสมองตามเส้นประสาท เมื่อสัญญาณมาถึงมัดกล้ามเนื้อจะเกิดการขดตัว และคลายตัว แต่บางกรณี เช่น คนไข้ที่เป็นอัมพาต สัญญาณจากสมองที่กระตุ้น หรือสั่งงานให้มัดกล้ามเนื้อทำงานได้ จึงต้องมีเครื่องมือจากภายนอกช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title : Electrostimulator (ES)

Project Student : Mr. Udomrat Ladpanna

Project Advisor : Mr. Uthai Sritheerewiros

Academic year : 1997

Abstract

The Electrostimulator an accurate and universal microcomputer controlled electro stimulator for both therapy and diagnosis. It offers various type of currents, covering the area of pain relief and improvement of circulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำเบื้องต้น

เครื่อง Electro Stimulator (ES) ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมการกระตุ้น ทั้งรูปคลื่นที่ใช้รักษาและขนาดที่ใช้ในการรักษา (ความแรงของคลื่น)

- เครื่องนี้สามารถให้รูปคลื่นการกระตุ้นได้หลายชนิดครอบคุมพื้นที่ของการลดปวดและการหมุนเวียนของเลือดให้ดีขึ้น

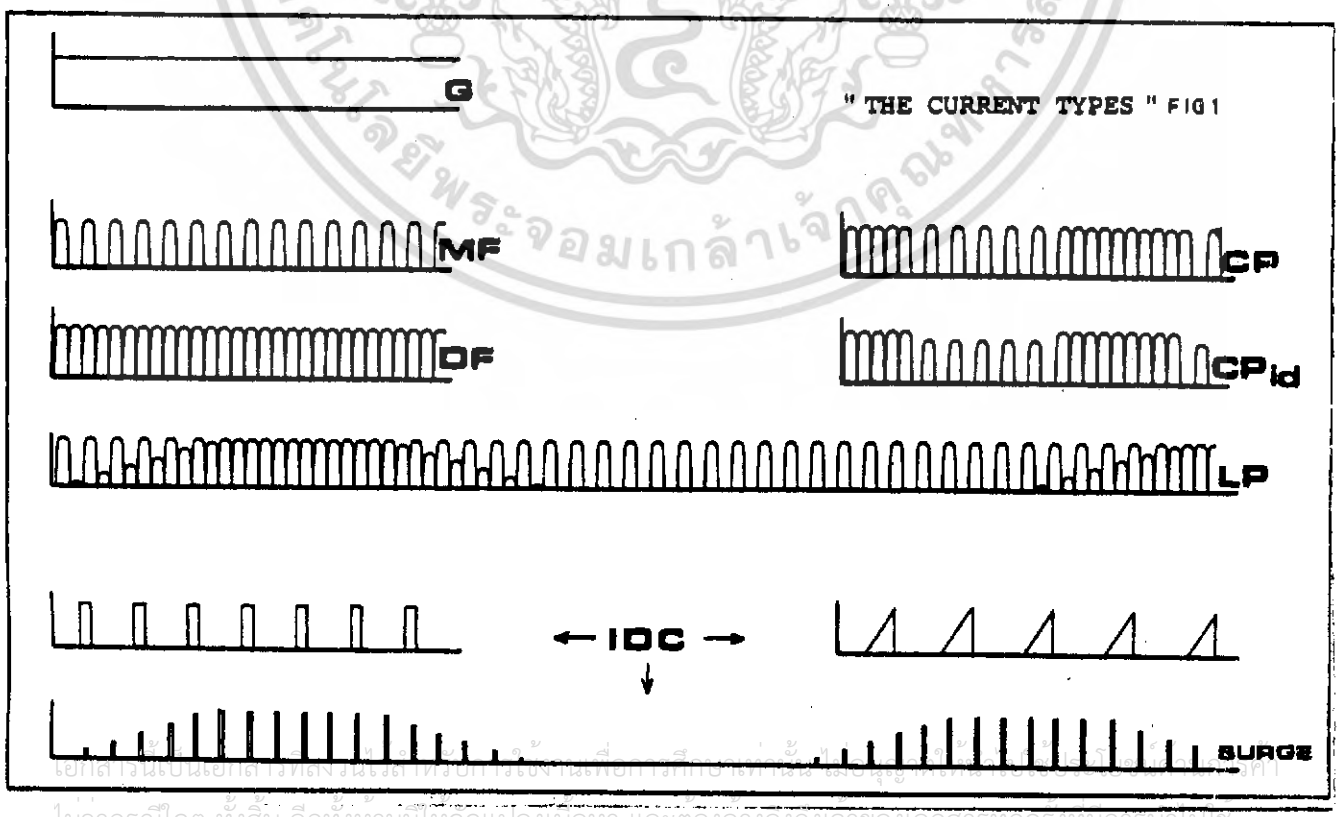
- รูปคลื่นต่างๆที่มีใช้ในเครื่องมือนี้คือ

- กระแสกัลวานิกส์ (G)
- ไดอะไดนามิกส์ (MF ,DF,CP,CPID,LP)
- กระแสอินเตอร์รับไดเร็คเตอร์เร็น (IDC)

  - คลื่นสี่เหลี่ยม
  - คลื่นสามเหลี่ยม
  - Trapezium

- กระแส Surge

ในคลื่นอินเตอร์รับ Pule duration และ Pule interval สามารถปรับได้กระแส Surge ใน interval สามารถปรับได้ใน duration จะใช้ fixที่ 6 วินาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปคลื่นกระแสเหล่านี้ถูกใช้เพื่อลดอาการปวด และ ช่วยให้การหมุนเวียนของเลือดดีขึ้นด้วย ความถี่ต่ำขั้วทางด้านลบ จะให้ผลการกระตุ้นที่สำคัญกว่า และจะใช้เป็นจุดที่เราต้องการรักษา

ในกรณีที่เราต้องการลดความเครียดของกล้ามเนื้อ การกลับขั้ว เป็นสิ่งที่จำเป็น อย่างเช่น การรักษาที่บริเวณหัวเข่าจะต้องมีการกลับขั้วขณะที่มีการรักษา

เครื่องกระตุ้นนี้สามารถให้การรักษาได้เต็มรูปแบบของความรู้สึกและการรักษานี้ไม่ควรที่จะทำให้คนไข้ Burning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้การประสิทธิ์ประสาท และให้คำแนะนำในการทำโครงงานนี้ ขอบคุณเพื่อนๆที่ให้ข้อมูลในด้านเนื้อหา ข้อมูล พร้อมทั้งรวบรวมทำการทดลองโครงงานนี้ อีกทั้งยังให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี แม้ว่าจะไม่สมบูรณ์ตามที่คิดไว้ตั้งแต่เริ่ม

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ อาจารย์ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ช่วยให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงาน ไว้ ณ. โอกาสนี้ด้วย

นายอุดมรัตน์ ลาดพันนา

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
1. บทคัดย่อภาษาไทย	1
2. บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	2
3. คำแนะนำเบื้องต้น	3
4. บทที่ 1 การเคลื่อนไหวและระบบโครงกระดูก	4
5. บทที่ 2 ระบบกล้ามเนื้อ	9
6. บทที่ 3 ระบบเส้นประสาท	14
7. บทที่ 4 ระบบหลอดเลือด	32
8. บทที่ 5 ปุ่มปรับต่างๆพร้อมบลือดไดอะแกรม	49
9. บทที่ 6 การทำงานของวงจรภาคต่างๆ	57
10. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
1. ระบบโครงกระดูกของมนุษย์	6
2. กล้ามเนื้อชนิดต่างๆที่พบในระบบร่างกายของมนุษย์	9
3. กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อลาย	11
4. โครงสร้างภายในของกล้ามเนื้อลาย	12
5. การทำงานแบบแอนตาโกนิซึมของกล้ามเนื้อลาย	12
6. ลักษณะของเซลล์ประสาท	15
7. โซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม	19
8. การนำกระแสประสาทในเซลล์ประสาทที่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม	20
9. เยื่อหุ้มสมอง	22
10. การทำงานของระบบประสาท	30
11. การเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อหัวใจ	35
12. ลักษณะของผนังหลอดเลือดแดง	41
13. การไหลของเลือดในหลอดเลือดดำ	42
14. โครงสร้างของผนังหลอดเลือดฝอย	43
15. แสดงการไหลของเลือดจากอาร์เตอริโอลผ่านางหลอดเลือด	43
ฝอยไปยังเวนุล	49
16. แผงหน้าปัดควบคุมต่างๆ	51
17. Block Diagram	52
18. รูปแสดงผลการทดลองที่หน้าจอ scope	52-56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

โครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนไหวของมนุษย์

มนุษย์เป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีวิวัฒนาการสูงสุด มีระบบอวัยวะต่างๆที่ครบถ้วนสมบูรณ์ การเคลื่อนไหวของมนุษย์ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบอวัยวะสำคัญๆ ดังนี้

ระบบโครงกระดูก

ระบบโครงกระดูกมีหน้าที่ค้ำจุนร่างกายให้คงรูปร่างอยู่ได้ กระดูกของมนุษย์ทั่วทั้งร่างกายมีอยู่ทั้งสิ้น 206 ชิ้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กระดูกแกน (Axial skeleton) เป็นโครงกระดูกที่เป็นแกนกลางของร่างกาย ทำหน้าที่ค้ำจุนและป้องกันอันตรายให้แก่อวัยวะสำคัญภายในร่างกายมีจำนวนทั้งสิ้น 80 ชิ้น ประกอบด้วย

1.1 กะโหลกศีรษะ (Skull) มีจำนวน 29 ชิ้น

1.2 กระดูกสันหลัง (Vertebrate) มีจำนวน 26 ชิ้น แบ่งออกเป็น

1) กระดูกสันหลังตรงคอ (Cervical vertebrate) มีจำนวน 7 ชิ้น

2) กระดูกสันหลังตรงอก (Thoracic vertebrate) มีจำนวน 12 ชิ้น

3) กระดูกสันหลังตรงสะเอว (Lumbar vertebrate) มีจำนวน 5 ชิ้น

4) กระดูกกระเบนเหน็บ (Sacrum) มีจำนวน 1 ชิ้น

5) กระดูกก้นกบ (Coccyx) มีจำนวน 1 ชิ้น

1.3 กระดูกซี่โครง (Ribs) มีจำนวน 24 ชิ้น

1.4 กระดูกอก (Sternum) มีจำนวน 1 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

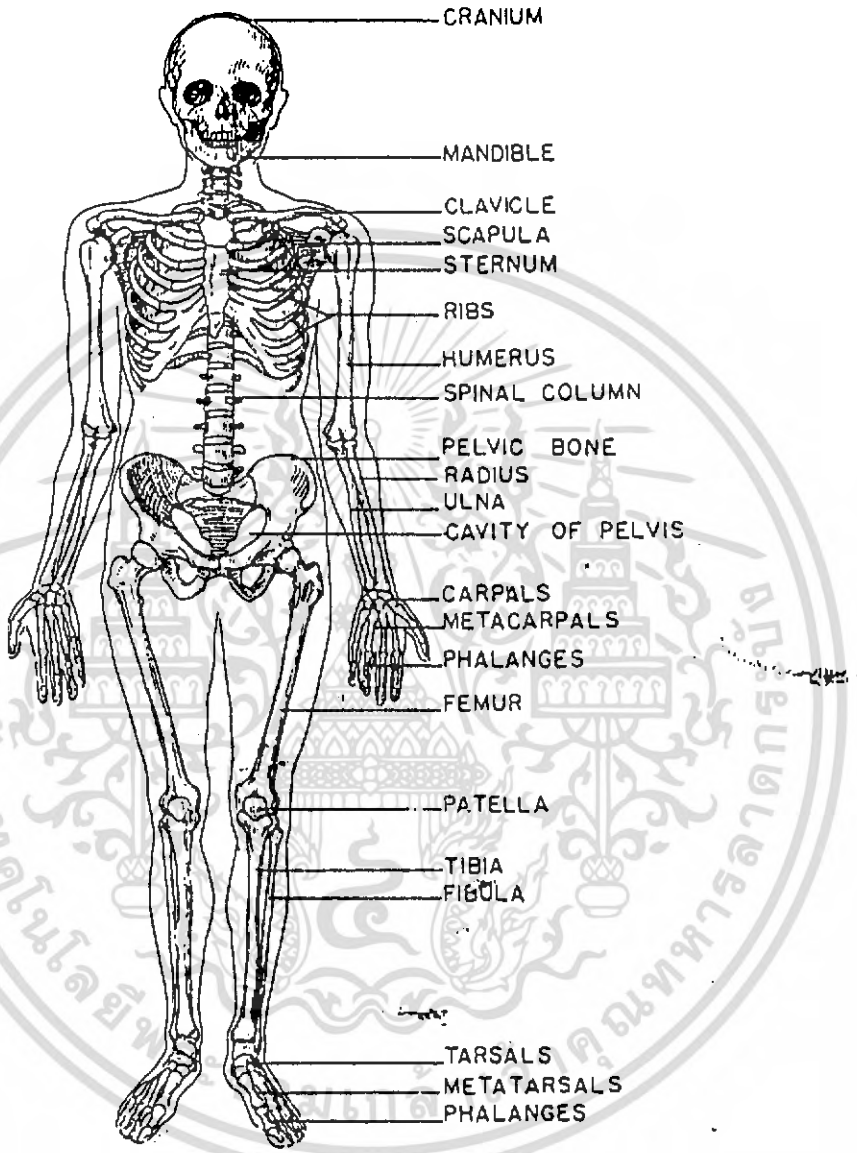


Fig. 318.—Human skeleton. The clavicle is commonly called the collar bone; the scapula, the shoulder blade; the patella, the kneecap. (From Parker and Clarke: An Introduction to Animal Biology, The C. V. Mosby Co.)

รูปที่ 1 ระบบโครงกระดูกของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **กระดูกระยางค์ (Appendicular skeleton)** เป็นกระดูกที่เชื่อมต่อกับกระดูกแกน มีหน้าที่ค้ำจุนและเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย มีจำนวนทั้งสิ้น 126 ชิ้น ประกอบด้วย

2.1 กระดูกแขน มีจำนวนทั้งสิ้น 60 ชิ้น (ข้างละ 30 ชิ้น) แบ่งออกเป็น

1) กระดูกต้นแขน (Humerus)
2) กระดูกปลายแขนด้านนอก (Radius)
3) กระดูกปลายแขนด้านใน (Ulna)
4) กระดูกข้อมือ (Carpais)
5) กระดูกฝ่ามือ (Metacarpais)
6) กระดูกนิ้วมือ (Phalanges)

2.2 กระดูกขา มีจำนวนทั้งสิ้น 60 ชิ้น (ข้างละ 30 ชิ้น) แบ่งออกเป็น

1) กระดูกต้นขา (Femur)
2) กระดูกสะบ้า (Petella)
3) กระดูกหน้าแข้ง (Tibia)
4) กระดูกน่อง (Fibula)
5) กระดูกข้อเท้า (Tarsals)
6) กระดูกฝ่าเท้า (Metataresals)
7) กระดูกนิ้วเท้า (Phalanges)

2.3 กระดูกไหปลาร้า (Clavicle) มีจำนวน 2 ชิ้น

2.4 กระดูกสะบัก (Scapula) มีจำนวน 2 ชิ้น

2.5 กระดูกเชิงกราน (Pelvic girdle) มีจำนวน 2 ชิ้น

เมื่อศึกษาถึงโครงสร้างของกระดูกแล้วพบว่า กระดูกของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. **กระดูกอ่อน (Cartilage)** เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์กระดูกอ่อน (Chondrocyte) สารระหว่างเซลล์และเส้นใยชนิดต่างๆ โดยทั่วไปกระดูกอ่อนจะได้รับอาหารโดยการแทรกซึมผ่านสารระหว่างเซลล์มา เนื่องจากไม่มีหลอดเลือดมาหล่อเลี้ยงกระดูกอ่อนเลย

2. กระดูก (Bone) เป็นโครงสร้างที่เจริญมาจากแผ่นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Membrane bone) หรือกระดูกอ่อน (Cartilaagenous bone) ก็ได้ ประกอบด้วยเซลล์กระดูก (Osteocyte) เส้นใยชนิดต่างๆ และสารระหว่างเซลล์ ซึ่งมีผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ [Hydroxyapatite ; $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$]มาเสริมทำให้กระดูกมีความแข็งมากกว่ากระดูกอ่อน เมื่อผ่ากระดูกดูโครงสร้างภายในจะพบว่าเนื้อกระดูกส่วนนอกจะแน่นทึบ (Compact bone) อาหารไม่สามารถซึมผ่านเข้าไปเลี้ยงในเซลล์กระดูกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณนี้จึงมีหลอดเลือดแทรกเข้าไปหล่อเลี้ยงเซลล์ตั้งแต่ยังเป็นกระดูกอ่อนก่อนที่จะกลายเป็นกระดูกแข็ง โดยจะพบว่าหลอดเลือดจะแทรกเข้าไปตามช่องสารระหว่างเซลล์ ซึ่งเรียกว่า **ช่องฮาร์เวอร์เชียน (Haversian cannel)** โดยจะทอดไปตามความยาวของกระดูก ส่วนตรงกลางของกระดูกนั้นจะมีลักษณะโปร่งเป็นโพรงคล้ายฟองน้ำ (Spongy bone) ซึ่งเป็นที่อยู่ของไขกระดูก (Bone marrow) ทำหน้าที่สร้างเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวให้แก่ร่างกาย

โครงกระดูกของมนุษย์ดังกล่าวมาแล้ว จะเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อซึ่งจะทำให้ร่างกายของมนุษย์เคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง จากการศึกษาพบว่า ข้อต่อที่เชื่อมต่อกระดูกแต่ละชิ้นในร่างกายมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. **ข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Immovable Joint)** เป็นข้อต่อที่ทำหน้าที่ยึดกระดูกเอาไว้ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เลย เช่น ข้อต่อของกะโหลกศีรษะที่เรียกว่า **Suture** เป็นต้น

2. **ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้ (Movable joint)** เป็นข้อต่อที่เชื่อมต่อกระดูกแล้วทำให้เคลื่อนไหวได้ซึ่งมีอยู่หลายแบบ เช่น ข้อต่อที่ทำหน้าที่เคลื่อนไหวเพียงทิศทางเดียวเหมือนบานพับ (Hinge) พบที่ข้อต่อของกระดูกนิ้วมือ นิ้วเท้า ส่วนข้อต่อที่ทำหน้าที่เคลื่อนไหวได้อิสระหลายทิศทางเนื่องมาจากมีการเชื่อมต่อของกระดูกคลายลูกกลมในเบ้า (Ball - and - Socket) พบที่ข้อต่อของหัวไหล่และสะโพก สำหรับข้อต่อที่ต้นคอกับฐานของกะโลกศีรษะนั้นเป็นข้อต่อที่มีเดือยสวมประกบกัน (Pivotal)ทำให้สามารถก้มเงยและบิดซ้ายขวาได้ ส่วนข้อต่อที่ข้อมือนั้นก็หมุนได้หลายทิศทางเช่นกัน แต่เป็นข้อต่อแบบที่เรียกว่า **Gliding**

จากการศึกษาพบว่า บริเวณข้อต่อจะมีการสร้างของเหลวเป็นเมือกคล้ายไข่ขาวหล่อลื่นอยู่เพื่อไม่ให้กระดูกเสียดสีกันและทำให้เคลื่อนไหวได้สะดวก นอกจากนี้ บริเวณข้อต่อยังมีเส้นเอ็น (Tendon) หรือ ลิกาเมนต์ (Ligament) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เหนียวแน่นและทนทาน ช่วยยึดกระดูกไว้อีกด้วย

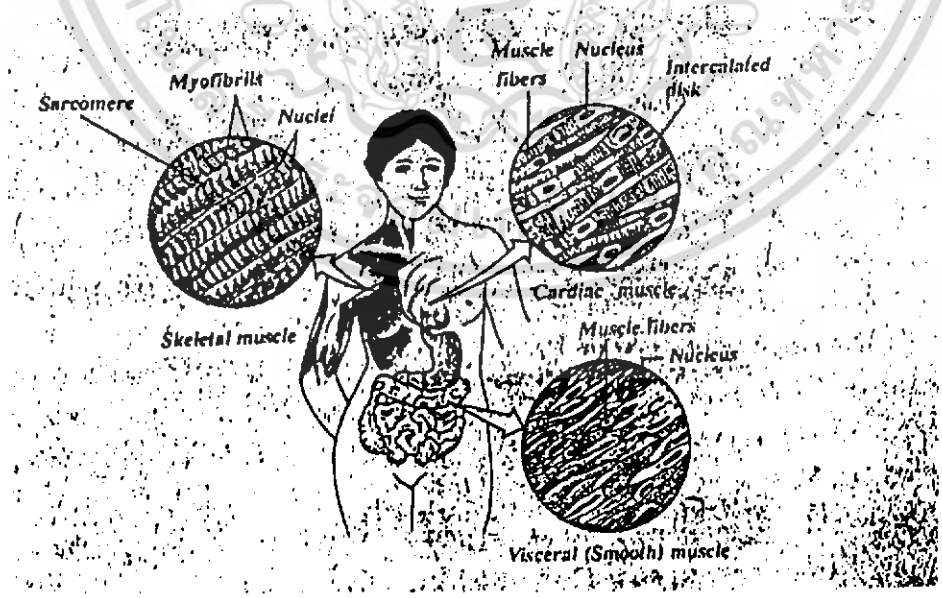
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อที่มีหน้าที่โดยตรงเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย ประมาณได้ว่าร่างกายมนุษย์โดยทั่วไปประกอบด้วยกล้ามเนื้อมากกว่า 500 มัด และมีน้ำหนักรวมกันประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักร่างกายที่เดียว จากการศึกษาพบว่ากล้ามเนื้อที่พบในร่างกายมนุษย์มีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างเรียวหัวท้ายแหลมคล้ายกระสวย มีนิวเคลียส 1 นิวเคลียส อยู่ตรงกลางเซลล์เห็นเด่นชัด เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ (Involuntary muscle) เราไม่สามารถบังคับให้กล้ามเนื้อทำงานตามคำสั่งของระบบประสาทส่วนกลางได้ การหดและการคลายตัวของกล้ามเนื้อชนิดนี้จะเกิดขึ้นช้าๆพบที่ผนังของอวัยวะในระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ และหลอดเลือด

2. กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีลาย ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลาย นิวเคลียสอยู่ตรงกลาง โดยแต่ละเซลล์มักจะแยกออกเป็น 2 แฉก และแต่ละแฉกจะเรียงติดต่อกันกับแฉกของอีกเซลล์หนึ่ง ทำให้เห็นการเรียงตัวของกล้ามเนื้อหัวใจติดต่อกันคล้ายร่างแห กล้ามเนื้อหัวใจจัดเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่นอกอำนาจจิตใจเช่นเดียวกัน เป็นกล้ามเนื้อที่มีการทำงานติดต่อกันตลอดเวลา และพบเฉพาะที่หัวใจเท่านั้น



รูปที่ 2 กล้ามเนื้อชนิดต่างๆที่พบในร่างกายมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กล้ามเนื้อลาย (Striated muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีลายเห็นชัดเจน ประกอบด้วยเซลล์ที่มีขนาดใหญ่เป็นเส้นรูปร่างทรงกระบอก มีหลายนิวเคลียสเรียงชิดอยู่กับเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ในอำนาจจิตใจ (Voluntary muscle) สามารถสั่งให้ทำงานโดยการควบคุมของระบบประสาทส่วนกลางได้

จากการศึกษาพบว่า กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่พบมากที่สุดในร่างกายโดยจะยึดเกาะอยู่กับกระดูกทั่วทุกส่วนของร่างกาย เช่น แขน ขา ลำตัว ใบหน้า ทำให้เราสามารถเคลื่อนไหวส่วนต่างๆดังกล่าวได้ จึงอาจเรียกกล้ามเนื้อลายอีกอย่างหนึ่งว่า **กล้ามเนื้อยึดกระดูกหรือกล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle)**

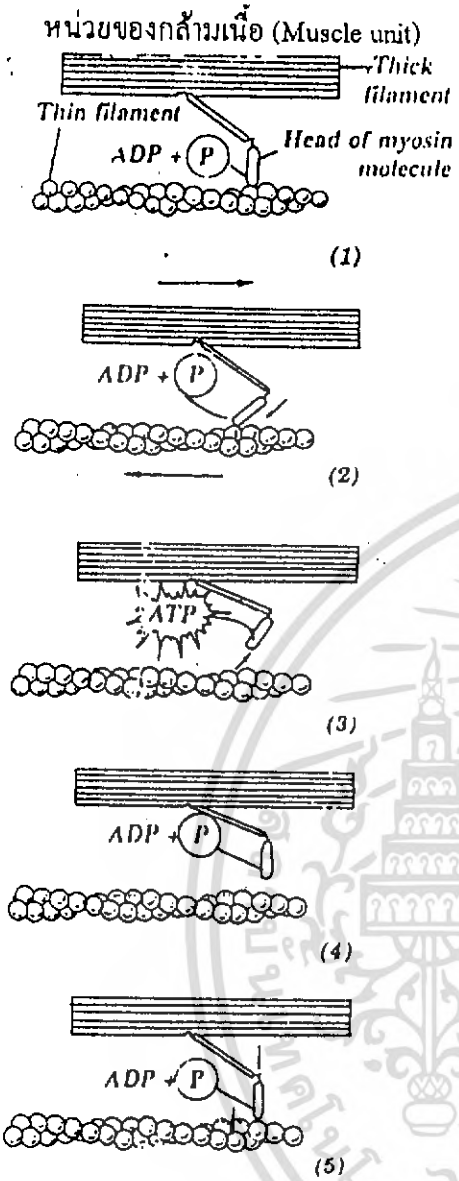
เมื่อศึกษาถึงโครงสร้างภายในของกล้ามเนื้อลายจะพบว่า ประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อมีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาว เรียกว่า **เส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber)** ซึ่งมีนิวเคลียสหลายนิวเคลียสอยู่ติดกับเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งเรียกว่า **ซาร์โคเลมมา (Sarcolemma)** ภายในไซโทพลาสซึมของเซลล์กล้ามเนื้อซึ่งเรียกว่า **ซาร์โคพลาสซึม (Sarcoplasm)** จะประกอบด้วยเส้นใยฝอยจำนวนมาก เรียกว่า **ไมโอไฟบริล (Myofibril)** กระจายอยู่ทั่วไป และไมโอไฟบริลก็ยังประกอบด้วยหน่วยย่อยลงไปอีก เรียกว่า **ฟิลาเมนต์ (Filament)** ฟิลาเมนต์ที่พบในกล้ามเนื้อลายนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. ฟิลาเมนต์ชนิดหนา (Thick filament) ประกอบด้วยโปรตีนซึ่งเรียกว่า **ไมโอซิน (Myosin)** รวมตัวกันเป็นมัด โดยแต่ละมัดประกอบไปด้วยโมเลกุลของไมโอซินที่เกิดจากโปรตีน 2 สาย พันกันเป็นเกลียว ตรงปลายสุดของแต่ละสาย ม้วนตัวเป็นก้อนกลมคล้ายตะขอ

2. ฟิลาเมนต์ชนิดบาง (Thin filament) ประกอบด้วยโปรตีนซึ่งเรียกว่า **แอกทิน (Actin)** ที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม (Globular actin molecules) เรียงต่อกันเป็นสายยาวที่พันกันเป็นเกลียว

การจัดเรียงตัวของฟิลาเมนต์ทั้งสองชนิดในกล้ามเนื้อลายอย่างเป็นระเบียบ ทำให้เรามองเห็นกล้ามเนื้อลาย มีสีเข้มและจางสลับกันอย่างเป็นระเบียบ กล่าวคือ บริเวณที่เห็นสีเข้มเป็นบริเวณที่มีฟิลาเมนต์ชนิดหนาอยู่ ซึ่งปลายทั้งสองข้างจะซ้อนกับฟิลาเมนต์ชนิดบางด้วย ทำให้ส่วนที่ซ้อนกันมีสีเข้มมากที่สุด เราเรียกแถบที่มีสีเข้มทั้งหมดนี้ว่า A - Band (Anisotropic band)ส่วนบริเวณตรงกลางของฟิลาเมนต์ชนิดหนา ซึ่งไม่ซ้อนกับฟิลาเมนต์ชนิดบางนั้นจะมีสีเข้มน้อยกว่า จึงเรียกว่า **H - Zone** ดังนั้น H - Zone จึงเป็นส่วนหนึ่งของ A - Band ส่วนบริเวณที่เห็นสีจางนั้น จะมีเฉพาะฟิลาเมนต์ชนิดบางเพียงอย่างเดียว เรียกว่า **I - Band (Isotropic band)** ตรงบริเวณกึ่งกลางของแต่ละ I - band จะมีแนวสีเข้มเล็กๆ ซึ่งเป็นรอยต่อของฟิลาเมนต์ชนิดบางมาจรดกัน เรียกว่า **Z - Line** และช่องระหว่าง Z - Line หนึ่งถึงอีก Z - Line หนึ่งจะเรียกว่า ซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) หรือ 1 หน่วยของกล้ามเนื้อ (Muscle unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

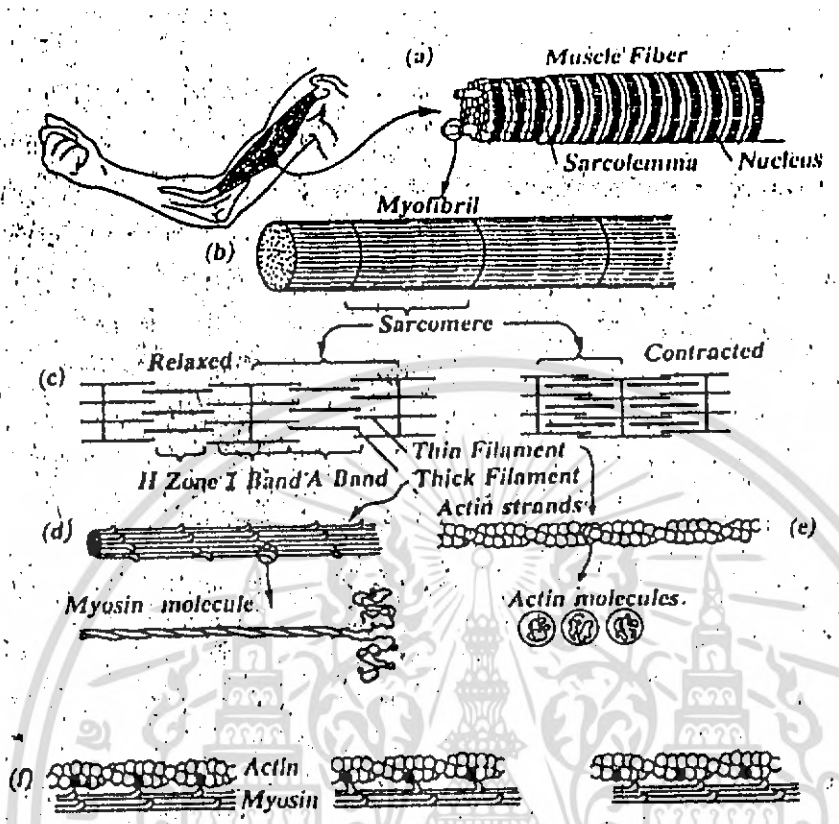


กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อลาย

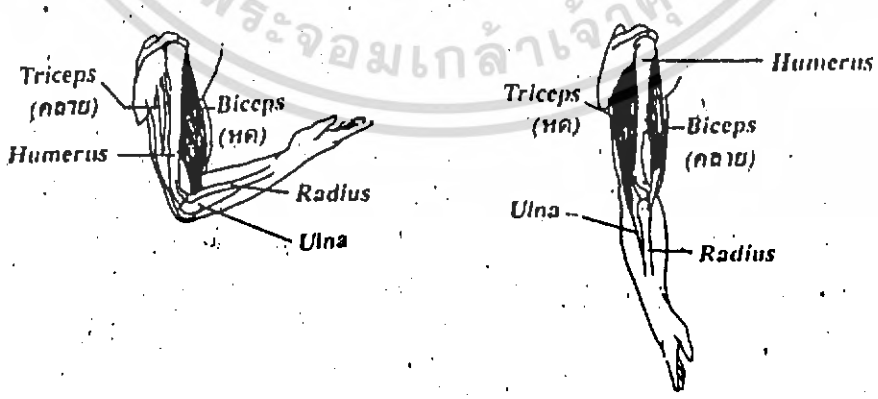
A.F. Huxley และ H.E. Huxley ได้ทำการทดลองและตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อลายในร่างกาย มีใจความว่า "การหดหรือคลายตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการเลื่อนเข้าหากัน หรือเลื่อนออกจากกันของฟิลาเมนต์ชนิดหนาและชนิดบาง โดยเริ่มจากโมเลกุลของไมโอซินในฟิลาเมนต์ชนิดหนา ซึ่งที่ส่วนปลายลักษณะเป็นตะขอยื่นออกมาเชื่อมต่อกับโมเลกุลของแอกทินในฟิลาเมนต์ชนิดบาง(1) จากนั้นจะมีการปลดปล่อย ADP + P ออกมา ทำให้สะพานเชื่อมต่อฟิลาเมนต์ทั้งสองโค้งงอ และดันให้ฟิลาเมนต์ทั้งสองเลื่อนเข้าซ้อนกัน (2) ต่อมาพลังงานจาก ATP จะทำให้โมเลกุลของไมโอซินหลุดออกจากโมเลกุลของแอกทิน (3) และเมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ก็จะทำให้ส่วนปลายของไมโอ ซินกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิม (4) และจับเกาะกับโมเลกุลของแอกทินอีกครั้งหนึ่งที่ตำแหน่งใหม่ (5) แล้วก็จะเกิดการโค้งงอของสะพานที่เชื่อมต่อฟิลาเมนต์ทั้งสอง ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของฟิลาเมนต์เข้าซ้อนกัน หรือเลื่อนออกจากกันได้ ส่งผลให้กล้ามเนื้อหดตัวหรือคลายตัวและก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายนั่นเอง

รูปที่ 3 กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 โครงสร้างภายในของกล้ามเนื้อลาย



รูปที่ 5 การทำงานแบบแอนตาโกนิซึมของกล้ามเนื้อแขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนไหวของแต่ละส่วนของร่างกายมนุษย์นั้นเกิดจากการทำงานร่วมกันเป็นคู่ๆ แบบแอนตาโกนิซึมของกล้ามเนื้อที่ยึดกระดูกอยู่ตามส่วนต่างๆของร่างกายเช่น การงอและการเหยียดแขนเกิดจากการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้อไบเซปซึ่งยึดติดกับกระดูกต้นแขนด้านหน้าและกระดูกเรเดียส กับกล้ามเนื้อไตรเซปซึ่งยึดติดกับกระดูกต้นแขนด้านหลังและกระดูกอัลนา เมื่อกล้ามเนื้อไบเซปหดตัว กล้ามเนื้อไตรเซปจะคลายตัวทำให้แขนงอพับขึ้น และเมื่อกล้ามเนื้อไบเซปคลายตัว กล้ามเนื้อไตรเซปก็จะหดตัว ทำให้แขนเหยียดออก

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบแอนตาโกนิซึมในร่างกายมีอยู่มากมายหลายชุด แต่ละชุดก็ทำให้ส่วนต่างๆของร่างกายเคลื่อนไหวในทิศทางแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น

1. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวแบบงอหรือแบบเหยียด ได้แก่

1) กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ (Flexor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวไปข้างหน้า

2) กล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ (Extensor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นเหยียดออก

2. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าหรือหลัง ได้แก่

1) กล้ามเนื้อโพรแทรกเตอร์ (Protractor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวไปข้างหน้า

2) รีแทรกเตอร์ (Retractor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวไปข้างหลัง

3. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวทางด้านข้าง ได้แก่

1) กล้ามเนื้อแอบดักเตอร์ (Abductor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้ว ทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวออกไปทางด้านข้าง เช่น แขน ขา กางออกไปทางด้านข้าง

2) กล้ามเนื้อแอดดักเตอร์ (Adductor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้ว ทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวแนบเข้าลำตัว เช่น การหุบแขนหรือขาเข้าหาลำตัว

4. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการหมุน ได้แก่

1) กล้ามเนื้อโรเตเตอร์ (Rotator) เช่น การหมุนขาเข้าข้างใน (Internal Rotator) การหมุนขาออกข้างนอก (External Rotator) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระบบเส้นประสาท

เซลล์ประสาท (Neuron หรือ Nerve cell) ในระบบประสาทของคนประกอบด้วยเซลล์ประสาทประมาณ 10,000 ล้าน ถึง 100,000 ล้านเซลล์ โดยเซลล์ประสาทส่วนใหญ่จะอยู่ในสมอง จากการศึกษาพบว่าในช่วงที่อยู่ในครรภ์ เซลล์ประสาทจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมาก คือ ประมาณ 250,000 เซลล์ต่อนาที เซลล์ประสาทของคนมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับหน้าที่และตำแหน่งที่อยู่ของเซลล์ประสาทนั้นๆ

ส่วนประกอบของเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน

1. ตัวเซลล์ (Cell body หรือ Perikaryon) มีรูปร่างแตกต่างกันตามชนิดของเซลล์ประสาท ภายในมีนิวเคลียสและไซโทพลาสซึมหรือนิวโรพลาสซึม มีออร์แกนเนลชนิดต่างๆชนิดเดียวกับเซลล์ทั่วๆไป ภายในไซโทพลาสซึมของเซลล์ประสาทมีออร์แกนเนลหลายชนิดเช่น

1.1 นิสส์ บอดี (Nissi body) เป็นออร์แกนเนลล์ที่พบได้ในเซลล์ประสาทและที่เดนไดรต์ แต่จะไม่พบในแอกซอนและในส่วน Axon hillockซึ่งเป็นส่วนประกอบของแอกซอนที่ติดอยู่กับตัวเซลล์นิสส์ บอดี ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนสำหรับนำไปสร้างเป็นเอนไซม์ ที่ เกี่ยวข้องกับการนำกระแสประสาท

1.2 ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ออร์แกนเนลล์นี้พบได้ทั้งในตัวเซลล์ เดนไดรต์และแอกซอน พบมากบริเวณปลายประสาทโดยเฉพาะปลายประสาทนำคำสั่งไมโทรคอนเดรีย ทำหน้าที่สร้างพลังงานให้แก่เซลล์

1.3 กอลจิ บอดี (Golgi body) มีลักษณะเป็นเส้นบางๆเรียงขนานกันเป็นชั้นๆ มีหน้าที่เก็บสารโปรตีนที่นิสส์ บอดี สร้างขึ้น และเปลี่ยนแปลงโปรตีนบางส่วนเป็นไลโซโซม

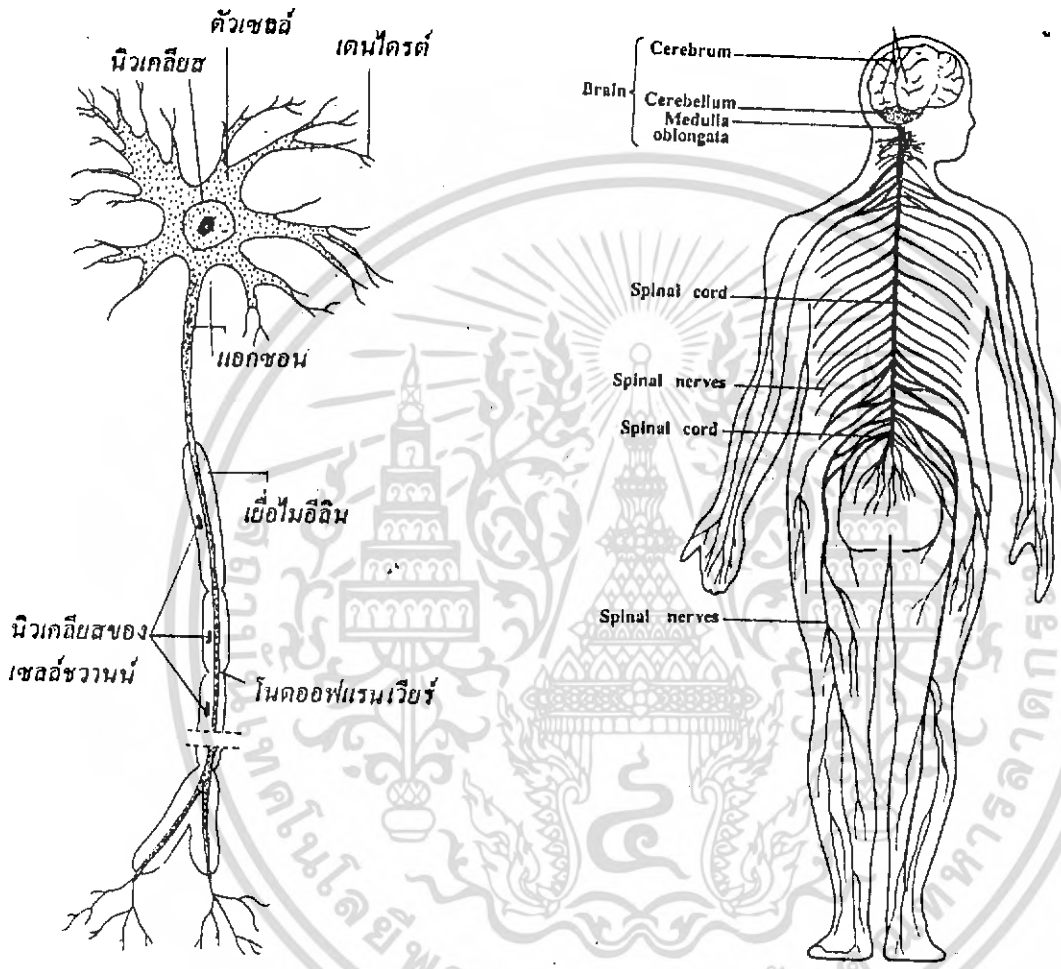
1.4 ไลโซโซม (Lysosome) มีลักษณะเป็นก้อนเล็กๆสีดำ ภายในมีเอนไซม์สำหรับย่อยสารโปรตีนและกรดนิวคลีอิก หน้าที่ของไลโซโซมคือ ทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยวิธีฟาโกไซโทซีส (Phagocytosis)

1.5 เซนโทรโซม (Centrosome) ประกอบด้วยเซนทริโอล (Centriole) 1 คู่ เห็นได้ชัดเจนในระยะที่เซลล์ประสาทมีการแบ่งตัว

1.6 นิวโรฟิลาเมนต์ (Neurofilament) เป็นเส้นใยที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์ประสาท พบทั้งในตัวเซลล์ เดนไดรต์และแอกซอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 นิวโรทิวบู (Neurotubule) นิวโรทิวบูของเซลล์ประสาท มีโครงสร้างเป็น 9+2 ออร์แกนเนลนี้พบมากในแอกซอน ทำหน้าที่ลำเลียงสารที่สร้างขึ้นภายในเซลล์



รูปที่ 6 ลักษณะของเซลล์ประสาท

2. ใยประสาท (Nerve fiber) เป็นส่วนที่แยกออกจากตัวเซลล์ มีลักษณะเป็นแขนงเล็กๆ จำนวนแขนงและความยาวของแขนงที่แตกต่างกันไปตามหน้าที่และตำแหน่งที่อยู่ใย ประสาทแยกออกเป็น 2 ประเภทคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 เดนไดรต์ (Dendrite) เป็นส่วนของตัวเซลล์ที่ยื่นออกไปเป็นแขนงสั้นๆ แล้วแตกกิ่งก้านออกมากมาย เดนไดรต์ทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึก (Receptor) และรับกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทเซลล์อื่นเข้าสู่ตัวเซลล์

2.2 แอกซอน (Axon) เป็นส่วนประกอบของไซโทพลาสซึมของเซลล์ประสาทที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ ส่วนปลายของแอกซอนจะแตกเป็นแขนงเรียกว่า **Telodendron** สำหรับเส้นใยประสาทที่มีความยาวมากๆทั้งเดนไดร์ทและแอกซอนจะมีปลอก (Sheath)หุ้ม ดังนั้นถ้าพิจารณาลักษณะของเซลล์ประสาทจากการมี หรือไม่มีปลอกหุ้มจะสามารถแบ่งชนิดของเซลล์ประสาทออกเป็น 2 พวกคือ

1) ใยประสาทชนิดที่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม (Myelinated nerve fiber) เยื่อไมอิลินเกิดจากเซลล์ชวานน์ (Schwann cell) ลักษณะของใยประสาทที่มีเยื่อไมอิลินหุ้มจะพบมีรอยคอดเป็นระยะตรงรอยคอดไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม เรียกว่า **โนดออฟ แรนเวียร์ (Node of Ranvier)** ใยประสาทที่มีเยื่อไมอิลินหุ้มจะนำกระแสประสาทได้เร็วมาก คือสามารถส่งกระแสประสาทได้เร็วถึง 120 เมตร/วินาที ในขณะที่ใยประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้มจะส่งกระแสประสาทได้ในอัตราเร็วเพียง 12 เมตร / นาที

2) ใยประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม (Non -Myelinated nerve fiber) เป็นใยประสาทที่มีเซลล์ชวานน์หุ้มเพียงรอบเดียว ไม่มีการม้วนหลายๆรอบจึงไม่เกิดเป็นเยื่อไมอิลินห่อหุ้มแอกซอนหนาเหมือนแบบแรก เรียกใยประสาทที่มีลักษณะดังกล่าวว่า **ใยประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม**

ชนิดของเซลล์ประสาท เมื่อจำแนกตามรูปร่างแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. เซลล์ประสาทขั้วเดียว (Monopolar neuron หรือ Unpoler neuron) หมายถึงเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทออกจากตัวเซลล์เพียงแขนงเดียว แล้วแตกเป็นแขนงย่อยอีก 2 แขนง คือเดนไดรต์กับแอกซอน เซลล์ประสาทชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นเซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่มีตัวเซลล์อยู่ในปมประสาท เช่นที่ปมประสาทรากบนของไขสันหลัง (Dorsal root ganglion)

2. เซลล์ประสาท 2 ขั้ว (Bipolar neuron) หมายถึงเซลล์ประสาทที่แตกแขนงออกจากตัวเซลล์ 2 แขนง โดยแขนงหนึ่งทำหน้าที่เป็นเดนไดรต์ส่วนอีกแขนงหนึ่งทำหน้าที่เป็นแอกซอน ทั้งเดนไดรต์และแอกซอนจะมีความยาวใกล้เคียงกัน เซลล์ประสาทประเภทนี้ส่วนใหญ่ทำหน้าที่รับความรู้สึก เช่น เซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่พบที่เรตินาของนัยน์ตา เซลล์ประสาทรับกลิ่นที่จมูก และเซลล์ประสาทที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับความสั่นสะเทือนภายในหู เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซลล์ประสาทหลายขั้ว (Multipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีแขนงยื่นออกจากตัวเซลล์หลายแขนง โดยมีเดนไดรต์หลายๆแขนง แต่มีแอกซอนเพียงแขนงเดียว เซลล์ประสาทนี้จะมีเดนไดรต์สั้น แอกซอนยาว ในระบบประสาทของคนจะพบเซลล์ประสาทชนิดนี้มากที่สุด เซลล์ประสาทหลายขั้วทำหน้าที่เป็นเซลล์ประสาทประสานงานและเซลล์ประสาทนำคำสั่ง พบมากที่สมองและไขสันหลัง

เซลล์ประสาท ถ้าจำแนกตามหน้าที่การทำงานสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory neuron หรือ Afferent neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากส่วนต่างๆของร่างกาย แล้วนำกระแสประสาทไปยังระบบประสาทส่วนกลางเซลล์ประสาทรับความรู้สึก อาจจะเป็นเซลล์ประสาทขั้วเดียว เช่น ที่พบในปมรากบนของไขสันหลัง หรืออาจจะเป็นเซลล์ประสาทชนิด 2 ขั้วก็ได้ เช่น เซลล์ประสาทรับกลิ่นจมูก เซลล์ประสาทรับเสียงที่หู และเซลล์ประสาทที่พบในเรตินาของนัยน์ตา เป็นต้น

2. เซลล์ประสาทนำคำสั่ง (Motor neuron หรือ Efferent neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่นำกระแสประสาทจากสมองหรือไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติงาน ซึ่งอาจจะเป็นกล้ามเนื้อหรือต่อมต่างๆในร่างกาย โดยทั่วไปเซลล์ประสาทนำคำสั่งจะเป็นเซลล์ประสาทประเภทหลายขั้ว

3. เซลล์ประสาทประสานงาน (Associative neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทเซลล์ส่วนหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง พบอยู่ในระบบประสาทส่วนกลางและเป็นเซลล์ประสาทประเภทหลายขั้ว

การทำงานของเซลล์ประสาท

การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในเซลล์ประสาท

การทำงานของเซลล์ประสาท เป็นผลมาจากการกระตุ้นให้มีกระแสประสาทเกิดขึ้นแล้วเคลื่อนที่ หรือส่งไปตามเซลล์ประสาทที่อยู่ติดกันเป็นวงจร กระแสประสาทมีสมบัติเหมือนกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถวัดแรงเคลื่อนที่ออกมาได้เป็นหน่วยมิลลิโวลต์ (mV) ซึ่งกระต้นให้เกิดกระแสประสาทและการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทต่างๆกัน เป็นผลมาจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Reaction) ของเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นคือ

1. ก่อนถูกกระตุ้น เซลล์ประสาทก่อนถูกกระตุ้นจะอยู่ในสภาพปกติคือ ยังไม่มีกระแสประสาทไหลผ่าน หรืออาจจะเรียกว่าเป็นระยะพัก (Resting stage) ของเซลล์ประสาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
86760

พบว่าสารละลายภายนอกและภายในเซลล์ประสาทมีประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นระหว่างกลุ่มไอออน ที่อยู่ทางผิวนอกและภายในเซลล์ประสาทแล้วปรากฏว่า ผลรวมของประจุไฟฟ้าภายในเซลล์เป็นประจุไฟฟ้าบวก ส่วนผลรวมของประจุไฟฟ้าภายในเซลล์เป็นประจุไฟฟ้าลบ ทำให้เกิดความต่างศักดิ์ไฟฟ้าระหว่างผิวด้านในและด้านนอกของเซลล์ จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่า ความต่างศักดิ์ระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ประสาทจะมีค่าประมาณ -60 มิลลิโวลต์ ซึ่งเป็นความต่างศักดิ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทในระยะพัก (Resting membrane potential) หรือระยะโพลาไรเซชั่น (Polalization)นั่นเอง

นอกจากนี้เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทยังมีคุณสมบัติยอมให้ Na^+ หรือ Cl^- ผ่านเข้าไปในเซลล์ได้อย่างอิสระ แต่ก็มีการส่ง Na^+ ออกไปนอกเซลล์ตลอดเวลา ในขณะเดียวกันก็ดึง K^+ เข้าไปสะสมไว้ในเซลล์แทนเราเรียกขบวนการที่มีการขับ Na^+ ออกมานอกเซลล์แล้วดึง K^+ เข้านี้ว่า **โซเดียม - โพแทสเซียมปั๊ม (Na^+- K^+ Pump)** ซึ่งต้องใช้พลังงานจากเซลล์จากกระบวนการแอกทีฟทรานซ์สปอร์ต (Active transport) จากกระบวนการนี้แม้ว่า K^+ จะถูกดึงเข้าไปสะสมภายในเซลล์แล้วก็ตาม เมื่อรวมประจุไฟฟ้าแล้วภายนอกเซลล์ก็ยังมีประจุบวกอยู่มากกว่าภายในเซลล์อยู่นั่นเอง

นอกจากนี้ภายในเซลล์ยังมีสารอินทรีย์ต่างๆที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถผ่านออกนอกเซลล์ได้ คือสารอินทรีย์พวกโปรตีนและกรดนิวคลีอิคต่างๆ สารเหล่านี้มีประจุลบ จึงทำให้ภายในเซลล์มีประจุลบมากกว่าภายนอดเซลล์เสมอ

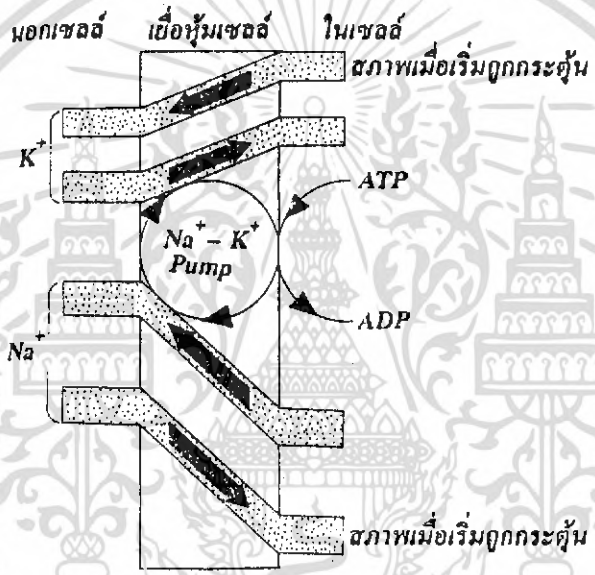
2. เมื่อถูกกระตุ้น เซลล์ประสาทที่ถูกระตุ้นด้วยความแรงของสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดกระแสประสาทเรียกว่า **Threshold stimulation** และเมื่อเกิดกระแสประสาทขึ้นแล้วก็จะเกิดโดยตลอดในอัตราที่สม่ำเสมอ จนถึงปลายแอกซอนถึงแม้จะมีแรงกระตุ้นมากขึ้นก็ตาม ทั้งนี้เพราะการเกิดการเคลื่อนที่ของกระแสประสาท ต้องอาศัยพลังงานจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ประสาทโดยตรง ไม่ได้อาศัยพลังงานจากสิ่งเร้า ลักษณะการกระตุ้น ให้เกิดกระแสประสาทนี้จะเป็นไปตามกฎที่เรียกว่า **All or None Law** (ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือไม่เกิดขึ้นเลย) เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทบริเวณที่ถูกกระตุ้นจะเปลี่ยนแปลงสมบัติชั่วคราว หรือไม่สามารถขับ Na^+ ออกนอกเซลล์ได้เหมือนในภาวะปกติ แต่ยอมให้ Na^+ จากนอกเซลล์เข้าไปภายในเซลล์ได้ ทำให้ภายในเซลล์ประสาทบริเวณที่ถูกกระตุ้นมี Na^+มาก จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าเป็นประจุบวก และผิวภายนอกเซลล์ที่สูญเสีย Na^+ จะเปลี่ยนเป็นประจุลบเรียกว่า เกิดดีโพลาไลซ์เซชั่น (Depolarlization) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1/100 วินาที ทำให้เกิดความต่างศักดิ์จาก -601 mVเพิ่มขึ้นเป็น +60 mV

ค่าความต่างศักดิ์ที่เปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า **ความต่างศักดิ์กระทำ** เมื่อ Na^+ผ่านเข้าไปในเซลล์ได้สักครู่หนึ่งเยื่อหุ้มเซลล์ก็จะไม่ยอมให้ Na^+ ผ่านเข้าไปอีก แต่จะยอมให้ K^+ภายในเซลล์แพร่ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างรวดเร็ว จนมีปริมาณเท่ากับ Na^+ ที่แพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์ การเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าที่ผิวเซลล์นี้จะกินเวลาทั้งหมดเพียง 2/100 วินาทีเท่านั้น และบริเวณนี้ก็จะกลายเป็นจุดเริ่มต้นที่จะกระตุ้นให้ใยประสาทบริเวณถัดไป เกิดดีโพลาไลซ์เซชั่นต่อไป ซึ่งจะดำเนินต่อเนื่องกันไปเป็นเซลล์ประสาท

3. การกลับสู่สภาพปกติ เมื่อมีการนำกระแสประสาทผ่านบริเวณใดไปแล้ว บริเวณนั้นจะเกิดกระบวนการโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม เพื่อนำ Na^+ ออกสู่ภายนอกเซลล์และดึง K^+ กลับเข้าเซลล์ทำให้ประจุไฟฟ้าที่ผิวนอกเซลล์ และผิวด้านในเซลล์กลับสู่สภาพปกติ เรียกว่าเกิดรีโพลาไลซ์เซชั่น (Repolarlization) ค่าความต่างศักดิ์ไฟฟ้าจะลดลงถึง - 60 mV ตามเดิม



รูปที่ 7 โซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม

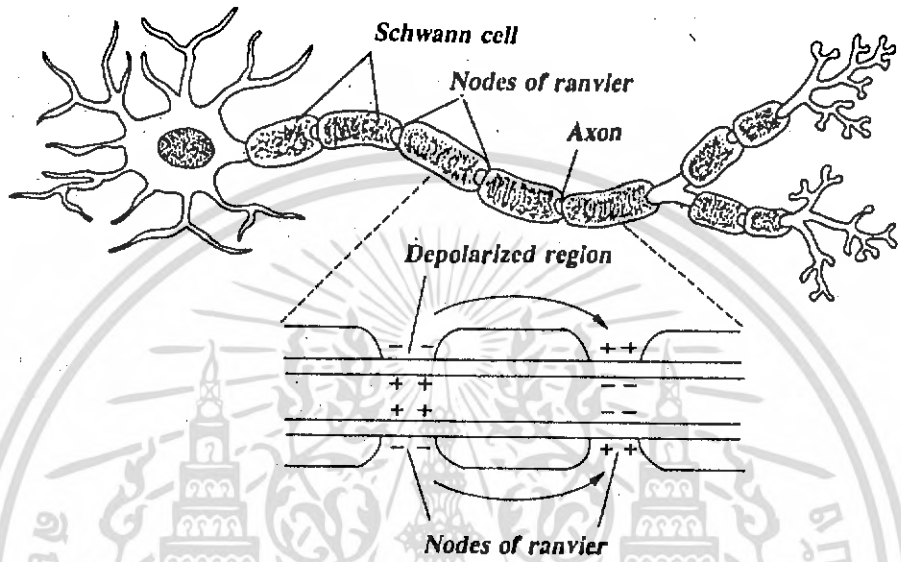
ในเซลล์ประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม (Non-Myelinated nerve fiber)การเปลี่ยนแปลงของประจุจะเกิดต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ทำให้การนำกระแสประสาทเกิดขึ้นต่อเนื่องกันไปด้วย จากจุดที่ถูกกระตุ้นไปตลอดจนถึงปลายแอกซอน

สำหรับเซลล์ประสาทที่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม (Myelinated nerve fiber) เยื่อไมอิลินทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า กระแสประสาทจึงไม่สามารถผ่านบริเวณที่มีเยื่อไมอิลินได้ แต่จะนำกระแสประสาทข้ามไปที่บริเวณโนดออฟแรนเวียร์ ซึ่งไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม ดังนั้นเซลล์ประสาทที่มีขนาดใหญ่และมีโนดออฟแรนเวียร์ห่างกันมากๆ กระแสประสาทจะผ่านไปได้เป็นช่วงๆ

ระหว่างโนดออฟแรนเวียร์หนึ่งๆของเซลล์ประสาท โดยทั่วไประยะห่างระหว่างโนดออฟแรนเวียร์หนึ่งๆจะห่างกันอยู่ประมาณ 200-2,000 ไมโครเมตร ซึ่งจะทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร็วมาก จากการศึกษาพบว่า การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในเซลล์ที่มีเยื่อไมอิลินหุ้มจะเร็วกว่าภายในเซลล์ที่ไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้มถึง 50 เท่า



รูปที่ 8 การนำกระแสประสาทในเซลล์ประสาทที่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม

การถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง

การนำกระแสประสาทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งของร่างกาย โดยผ่านกระแสประสาทออกทางแอกซอนของเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเดนไดรต์ของอีกเซลล์ประสาทหนึ่ง อีกเซลล์หนึ่งผ่านทางช่องแคบที่เรียกว่า **ไซแนปส์ (Synapse)** การถ่ายทอดกระแสประสาทผ่านไซแนปส์แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ.

1. **ไซแนปส์ไฟฟ้า (Electrical synapse)** เป็นการถ่ายทอดกระแสประสาทในรูปของกระแสไฟฟ้าโดยตรง จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งได้เลย เพราะช่วงไซแนปส์แคบ พบในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำ

2. **ไซแนปส์เคมี (Chemical sunapse)** เป็นการถ่ายทอดกระแสประสาทในรูปของสารเคมี เกิดในเซลล์ประสาทที่มีช่วงไซแนปส์กว้าง (ประมาณ 200- 500 อังสตรอม) สารเคมีที่ทำหน้าที่นำกระแสประสาทที่เรียกว่า **สารสื่อประสาท (Neurotransmitter)** ซึ่งถูกสร้างขึ้นที่ถุงเล็กๆในไซโทพลาสซึมตรงบริเวณปลายแอกซอน เราเรียกถุงที่บรรจุสารสื่อประสาทนี้ว่า **Synaptic vescicle**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อประสาทมีหลายชนิด เช่น แอซีทิลโคลีน (Acetylcholine) กลูตาเมต (Glutamate) ไกลซีน (Glycine) โดปามีน (Dopamine) อิพนเนฟริน (Epinephrine)เซโรโทนิน (Serotonin) โซมาโทสตาติน (Somatostatin) นิวโรเทนซิน (Neurotensin) เอนโดฟิน (Endophin)

สำหรับแอซีทิลโคลีน เป็นสารสื่อประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง ใช้ในการติดต่อระหว่างเซลล์ประสาทและกล้ามเนื้อลาย ซึ่งถูกสร้างขึ้นในตัวเซลล์ประสาท แล้วถูกส่งมาเก็บไว้ในถุงเล็กๆที่ส่วนปลายของแอกซอน การสร้างแอซีทิลโคลีนต้องอาศัยเอนไซม์ โคลีนแอซีทิลแทรนส์เฟอร์เรส เมื่อแอซีทิลโคลีนทำหน้าที่เสร็จแล้ว จะถูกทำลายโดยทันทีโดยเอนไซม์โคลีนแอซีทิลแทรนส์เฟอร์เรส ซึ่งจะสลายแอซีทิลให้เป็นโคลีนและกรดแอซีติก ดังนั้นถ้าเอนไซม์นี้ถูกยับยั้งการทำงาน การส่งกระแสประสาทก็จะหยุดชะงักลง สารที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนแอซีทิลแทรนส์เฟอร์เรสได้คือ นีโอสติกมีน พาราไทออน และมาลาไทออน สารเหล่านี้จะเข้าไปแย่งที่ของแอซีทิลโคลีนบนโมเลกุลของเอนไซม์และจะเกาะกันอยู่อย่างถาวรทำให้แอซีทิลโคลีนไม่ถูกทำลาย

ศูนย์ควบคุมของระบบประสาท

ระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system หรือ CNS)

ศูนย์ควบคุมของระบบประสาทซึ่งประกอบด้วยสมองและไขสันหลังรวมเรียกว่า ระบบประสาทส่วนกลาง

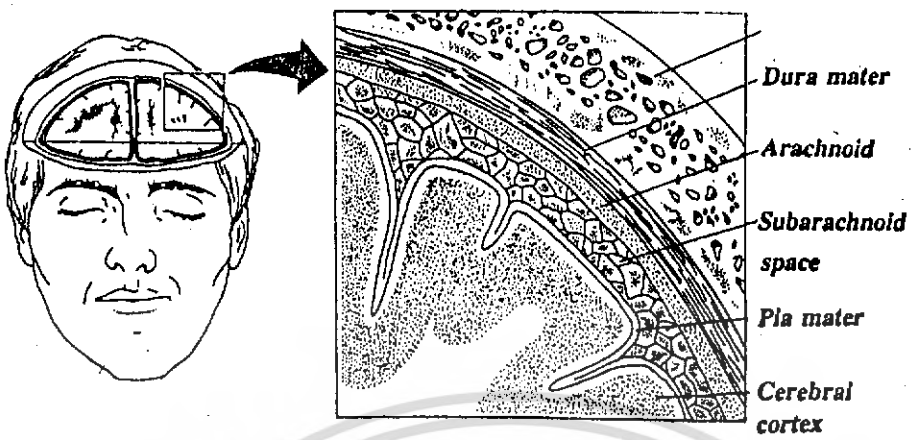
สมองและไขสันหลังเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญมากฉะนั้นจึงมีสิ่งห่อหุ้มเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับอวัยวะเหล่านี้ ส่วนที่ห่อหุ้มอยู่นอกสุดคือ กะโหลกศีรษะและกระดูกสันหลังถัดเข้าไปคือเยื่อหุ้มสมองและเยื่อหุ้มไขสันหลังมีชื่อเรียกว่า **Meninges** เป็นแผ่นเยื่อแผ่นเดียวกันที่หุ้มอยู่โดยรอบสมองและไขสันหลัง ช่วยป้องกันอันตรายร่วมกับกะโหลกศีรษะเยื่อหุ้มชนิดนี้มี 3 ชั้น คือ

1. **Dura mater** เป็นเยื่อหุ้มชั้นนอกสุดมีลักษณะเหนียวและหนา

2. **Arachnold membrane** เป็นเยื่อหุ้มชั้นกลางที่มีลักษณะคล้ายใยแมงมุม ระหว่างเยื่อชั้นนอกกับเยื่อชั้นกลางมีช่องว่างเรียกว่า **Subdura space**

3. **Pia mater** เป็นเยื่อหุ้มชั้นในสุด มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ หุ้มติดกับเนื้อสมองและไขสันหลัง ระหว่างเยื่อชั้นกลางกับเยื่อชั้นในมีช่องว่างเรียกว่า **Subarachnold** เป็นที่อยู่ของน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 เยื่อหุ้มสมอง

น้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังในคนปกติมีอยู่ประมาณ 100-200 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะอยู่ตามช่องต่างๆของสมองและไขสันหลัง และมีการไหลเวียนตลอดเวลาทั่วระบบประสาทส่วนกลาง

หน้าที่ของน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังมี ดังนี้

1. ป้องกันการกระทบกระเทือนให้แก่ระบบประสาทส่วนกลาง โดยเฉพาะสมองที่หนักประมาณ 1.4 กิโลกรัม หรือ 3 ปอนด์

2. นำอาหารและออกซิเจนมาหล่อเลี้ยงสมอง ในขณะเดียวกันก็นำของเสียต่างๆออกไปจากระบบประสาทส่วนกลางด้วย จากการศึกษาพบว่า ถ้าสมองขาดออกซิเจนเพียง 3-5 นาที จะทำให้เซลล์ประสาทของสมองตายได้

3. ช่วยกระจายฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง

4. ช่วยทำลายสิ่งแปลกปลอมที่มาทำอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง

5. ช่วยควบคุมสมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตา ให้ทำงานปกติ

สมอง

สมอง (Brain) เป็นส่วนที่ใหญ่ และเจริญที่สุดของระบบประสาทส่วนกลาง เป็นส่วนของท่อประสาทเดิม ที่ขยายพองออกจนโตเต็มกะโหลกศีรษะ ตามผนังของท่อมีเซลล์ประสาทและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Neuroglea) อยู่มากมาย เนื่อเยื่อสมองแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Gray matter เป็นเนื้อเยื่อสมองชั้นนอก เป็นที่รวมของเซลล์ประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม มองเห็นโพรโทพลาสซึ้มได้ชัดเป็นสีเทา

2. White matter เป็นเนื้อเยื่อสมองชั้นใน เป็นที่รวมของใยประสาทจำนวนมาก โดยมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเชื่อมโยงยึดไว้อย่างแน่นหนาไม่ให้เคลื่อนที่ใยประสาทนี้มีเยื่อไมอิลินหุ้มทำให้มองเห็นเป็นสีขาว เนื้อเยื่อสมองชั้นนี้ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสประสาท

สมองของสัตว์ชั้นสูง เป็นศูนย์รวมของเส้นประสาท เป็นศูนย์ประสานงานเพื่อทำงานเกี่ยวกับความคิด ความจำ ความฉลาด เชาว์ปัญญา รวมทั้งทำหน้าที่เป็นสถานีกลางเกี่ยวกับระบบประสาททั้งหมดอีกด้วย ในสัตว์ที่มีวิวัฒนาการของระบบประสาทสูงขึ้นจะมีสมองที่มีรูปร่างสลับซับซ้อนขึ้น และมีคลื่อหยักเพิ่มขึ้นมากด้วยคลื่นหยักเหล่านี้จะช่วยเพิ่มพื้นที่สมอง สัตว์ที่ฉลาดมากจะมีคลื่นสมองมากด้วย สัตว์ที่มีสมองใหญ่เมื่อ เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักตัวและน้ำหนักสมองสัตว์นั้น จะมีความฉลาดมากกว่าสัตว์ที่มีสมองเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบอย่างเดียวกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักสมองและน้ำหนักตัวของสัตว์บางชนิด

ชนิดของสัตว์	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	น้ำหนักสมอง (กิโลกรัม)	อัตราส่วน น้ำหนักสมอง/น้ำหนักตัว
ช้าง	5,000	5	1/1,000
ปลาวาฬ	60,000	6	1/10,000
คน	75	1.5	1/50

จากตารางจะเห็นว่า แม้ปลาวาฬจะมีน้ำหนักตัวถึง 60,000 กิโลกรัม แต่มีน้ำหนักสมองเพียง 6 กิโลกรัม ในขณะที่คนมีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม แต่มีน้ำหนักสมองถึง 1.5 กิโลกรัม ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักสมองต่อน้ำหนักตัวของคน ช้าง และปลาวาฬ จะได้ 1/50 , 1/1,000 และ 1/10,000 ตามลำดับ

สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังแบ่งออกเป็นสมองส่วนหน้า (Forbrain) สมองส่วนกลาง (Midbrain) และสมองส่วนท้าย (Hindbrain) ปลา จะมีสมองส่วนกลางขนาดใหญ่ ส่วนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัตว์อื่นๆตั้งแต่สัตว์เลื้อยคลานเป็นต้นไป จะมีสมองส่วนหน้าเจริญดี และสมองจะขยายใหญ่ขึ้นตามลำดับแต่สมองส่วนกลางกลับลดขนาดลง

ส่วนต่างๆของสมองคน

เราอาจแบ่งสมองของคนออกไปเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. สมองส่วนหน้า (Forebrain หรือ Prosencephalon) ในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำหน้าที่ของสมองส่วนนี้คือ แปลความรู้สึกในการดมกลิ่น แต่ในคนสมองส่วนนี้ได้พัฒนาขึ้นมากสำหรับหน้าที่ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแปลความรู้สึกที่มาจากอวัยวะต่างๆทั่วร่างกาย เก็บข้อมูลในการจดจำเรื่องราวต่างๆความรู้สึกนึกคิดและสติปัญญา การสั่งการควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆภายใต้อำนาจจิตใจโดยมีการแบ่งหน้าที่ออกเป็นส่วนๆดังนี้

1.1 ออลแฟกตอรีบัลบ์ (Olfactory bulb) เป็นส่วนที่อยู่หน้าสุดของสมอง ทำหน้าที่เกี่ยวกับการดมกลิ่น ในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำ เช่น ปลา สมองส่วนนี้จะเจริญดีมาก เพราะการดมกลิ่นเป็นสิ่งจำเป็นในการหาอาหาร แต่ในคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยชั้นสูง สมองส่วนนี้จะมีขนาดเล็กมาก ทำให้การรับรู้กลิ่นมีประสอทธิภาพต่ำกว่าสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำ

1.2 เซซีบรัม (Cerebrum) เป็นสมองส่วนที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นตามการวิวัฒนาการจากสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำมาเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง สมองส่วนนี้ของคนมีขนาดใหญ่มาก ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้เช่น ความจำ (Memory) ความเฉลียวฉลาด (Intelligence) การตัดสินใจ (Judgement) การคิดแก้ไขปัญหา (Concious thought) และการใช้มโนภาพ (Imagination) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆของร่างกายเช่น การทำงานของกล้ามเนื้อ การมองเห็น การรับรส การได้ยิน การรับสัมผัส การพูดและการรับรู้ภาษาได้ด้วยสมองส่วนเซรีบรัมของคนมีคลื่นสมองจำนวนมาก ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีคลื่นสมองมากจะฉลาดมาก คนจึงเป็นสิ่งมีชีวิตที่ฉลาดที่สุด

1.3 ทาลามัส (Talamus) เป็นสมองส่วนที่อยู่ถัดจากเซรีบรัม มีลักษณะเป็นรูปกลมรี 2 ลูก วางอยู่เหนือสมองส่วนกลางทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอด (Relay station) ของกระแสรับความรู้สึกที่ส่งเข้ามา แล้วแยกกระแสประสาทรับความรู้สึกนี้ส่งออกไปยังสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระแสประสาทนั้นๆ และสามารถบอกความรู้สึกได้อย่างหยาบๆ โดยเฉพาะความรู้สึกเจ็บปวด แต่ไม่สามารถบอกตำแหน่งความเจ็บปวดนั้นได้

1.4 ไฮโพทาลามัส (Hypotalamus) เป็นสมองส่วนหน้าที่อยู่ใต้ทาลามัส ภายในเนื้อสมองมีกลุ่มของตัวเซลล์ประสาทน้อย ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการสำคัญต่างๆในการดำรงชีวิต เช่น การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ถ้าต้องการระบายความร้อนออกจากร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายก็จะไปกระตุ้นหลอดเลือดที่ผิวหนังทำให้ขยายตัว พร้อมกับเพิ่มการทำงานของต่อมเหงื่อ ถ้าต้องการเก็บรักษาความร้อนของร่างกายก็จะไปกระตุ้นหลอดเลือดที่ผิวหนังหดตัวพร้อมกับเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึม นอกจากนี้ยังควบคุมเกี่ยวกับสมดุลน้ำในร่างกาย การหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง การเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต การตื่นและการหลับ ความรู้สึกอยากรับประทานอาหาร เซลล์ประสาทในไฮโพทาลามัสส่วนมากเป็น Neurosecretory cell ซึ่งทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนมาควบคุมการทำงานของต่อมใต้สมอง เช่น ฮออร์โมน Prolectin และ Releaseing hormone

2. สมองส่วนกลาง (Midbrain Mesencephalon) เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากสมองส่วนหน้า พวกสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำ เช่น ปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน จะมีสมองส่วนกลางขนาดใหญ่ และมีลักษณะเป็นพูกลมๆขึ้นออกมาเรียกว่า **ออปติกโลบ (Optic lobe)** ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางถ่ายทอดความรู้สึกเกี่ยวกับการมองเห็นและการได้ยิน สำหรับในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง สมองส่วนนี้จะมีขนาดลดลงและถูกสมองส่วนอื่นปิดทับเอาไว้ เช่น ในคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่นๆ จะมีออปติกโลบอยู่ 4 พูเล็กๆเรียกว่า **Corpora quadrigemina**

3. สมองส่วนท้าย (Hindbrain หรือ Mombencephalon) เป็นส่วนท้าย ที่สุดของสมอง อยู่ถัดจากสมองส่วนกลางและ เป็นส่วนที่ติดต่อกับไขสันหลัง สมองส่วนท้ายของคนแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

3.1 เซรีเบลลัม (Cereblum หรือ Nesencephalon) อยู่หลังเซรีบรัมโดยมีร่องตามขวางกั้นอยู่ระหว่าง เซรีบรัมกับเซรีเบลลัม พื้นที่ผิวด้านนอกของเซรีเบลลัมมีลักษณะเป็นคลื่นหยักเช่นเดียวกันแต่ น้อยกว่าเซรีบรัม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยทำงานประสานกับสมองส่วนเซรีบรัม ควบคุมทาง ควบคุมการทรงตัวของสัตว์ที่เคลื่อนไหวใน 3 มิติ เช่น ปลา นก ซึ่งสมองส่วนนี้เจริญดีมาก ทำให้สัตว์ดังกล่าวมีความคล่องตัวมากในการเคลื่อนไหวในระดับต่างๆ สำหรับในคนถ้าสมองส่วนนี้พิการจะทำให้เสียการทรงตัว มือสั่น ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อลายไม่ประสานกัน

3.2 พอนส์ (Pons) เป็นส่วนที่อยู่หลังเซรีเบลลัม เป็นที่อยู่ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5,6,7,8 เซลล์ประสาทพอนส์ จะทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้สึกจากเซรีบรัมไปยัง เซรีเบลลัม เพื่อควบคุมอวัยวะบางอย่างที่อยู่บริเวณศีรษะ เช่น การหลับตา การขยิ้มการขยักคิ้ว การหลั่งน้ำลาย การเคี้ยวอาหาร นอกจากนี้ ยังเป็นที่อยู่ของเซลล์ประสานงานเกี่ยวกับการได้ยิน และการรับรู้การทรงตัวจากหูอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เมดัลลา ออบลองกาตา (Medullar oblongata) เป็นส่วนท้ายสุดของสมอง อยู่ติดต่อกับไขสันหลังและมีรูปร่างคล้ายกับไขสันหลังมาก เป็นที่อยู่ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 9,10,11 และ 12 ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของอวัยวะสำคัญต่างๆมากมาย เช่น การทำงานหัวใจ การหายใจ การไหลเวียนของโลหิตและทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากไขสันหลังไปยังสมองส่วนเซรีบรัม สมองส่วนนี้นับว่ามีผลสำคัญมากที่สุด ถ้าเกิดอันตรายกับสมองส่วนนี้ทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตทันที

ไขสันหลัง

ไขสันหลัง (Spinal cord) เป็นส่วนหนึ่งของประสาทส่วนกลาง อยู่ต่อจากสมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตา

ไขสันหลังมีลักษณะเป็นรูปแท่งทรงกระบอกและมีเยื่อหุ้มไขสันหลังปกคลุมอยู่ ไขสันหลังอยู่ในกระดูกสันหลังตั้งแต่กระดูกสันหลังข้อแรกมาสิ้นสุดที่กระดูกบั้นเอวข้อที่ 1 หรือขอบบนของกระดูกบั้นเอวข้อที่ 2 แต่เยื่อหุ้มไขสันหลังจะหุ้มไปจนถึงกระดูกสันหลังข้อสุดท้าย ดังนั้น จากกระดูกบั้นเอวข้อที่ 1 ลงมาจะไม่มีเนื้อไขสันหลังอยู่เลย แต่มีเส้นประสาทที่ออกมาจากไขสันหลัง ในการเจาะเอาน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังมาตรวจหรือฉีดยาชาสำหรับผ่าตัด แพทย์จะฉีดเข้าไปในบริเวณ ต่ำกว่ากระดูกบั้นเอวข้อที่ 2 ลงไป ส่วนใหญ่จะแทงเข็มลงไประหว่างกระดูกบั้นเอวข้อที่ 4 ต่อกับท่อที่5 เพราะเป็นตำแหน่งที่ไม่เป็นอัตรายต่อไขสันหลัง

เยื่อหุ้มไขสันหลังมี 3 ชั้นคือ

1. **Dura mater** เป็นเยื่อชั้นนอกสุดหนาและเหนียวมาก

2. **Arachnold membrane** เป็นเยื่อบางๆที่อยู่ติดกับ Dura matter ภายใต้เยื่อชั้นนี้มีช่องว่างเรียกว่า **Subarachnold space** มีน้ำไขสันหลังบรรจุอยู่

3. **Pia mater** เป็นเยื่อบางๆติดกับไขสันหลัง ถ้าตัดไขสันหลังตามขวางจะเห็นเนื้อไขสันหลัง 2 ชั้น คือชั้นนอกมีเนื้อสีขาวเรียกว่า White matterประกอบด้วยกลุ่มใยประสาทที่มีเยื่อไมอิลินหุ้ม ส่วนเนื้อชั้นในเป็นสีเทาเรียกว่า Gray matter มีรูปร่างคล้ายผีเสื้อหรือคล้ายตัว H เนื้อชั้นนี้เต็มไปด้วยเซลล์ประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอิลินหุ้มและเป็นบริเวณที่มีไซแนปส์มากที่สุดเพราะบริเวณนี้แอกซอนจากเส้นประสาทรับความรู้สึก (Sensory neuron) ซึ่งมีตัวเซลล์อยู่ที่ปมรากของไขสันหลัง (Dorsal ganglion) เข้าสู่ไขสันหลังทางรากบน (Dorsal root) ผ่านเซลล์ประสาทประสานงานไปยังเซลล์ประสาทนำคำสั่งที่รากล่าง (Ventral root) ไปยังหน่วยปฏิบัติงานต่อๆไป

ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral nervous system หรือ PNS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบประสาทรอบนอก ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลาย ที่ยึดติดอยู่กับกระดูกให้เคลื่อนไหวหรือทรงตัวได้ตามต้องการ ประกอบไปด้วยเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง

เส้นประสาทสมอง

เส้นประสาทสมอง (Cranial nerve หรือ CN) เป็นเส้นประสาทที่ออกจากสมองโดยแยกออกเป็นคู่ๆ ในสัตว์พวกปลาและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำมีเส้นประสาทสมองอยู่ 10 คู่ ส่วนสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วนนม จะมีเส้นประสาทสมอง 12 คู่ เส้นประสาทสมองคนมีทั้งเส้นประสาทรับความรู้สึก (Sensory nerve) เส้นประสาทนำคำสั่ง (Motor nerve) และเส้นประสาทผสม (Mix nerve) ตัวอย่างของเส้นประสาทสมองคน 12 คู่ มีชื่อเรียกตามตำแหน่งและหน้าที่การทำงานดังนี้

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 1 ชื่อ Olfactory nerve เป็นเสนประสาทรับความรู้สึกติดต่อระหว่างเยื่อบุโพรงจมูกกับออลแฟกตอรีบัลบ์ ส่งสัญญาณต่อไปยังบริเวณที่รับกลิ่น (Olfactory area) ของสมองส่วนเซรีบรัมที่ทำหน้าที่รับกลิ่น

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 ชื่อ **Optic nerve** เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกติดต่อระหว่างเรตินาของนัยน์ตากับทาลามัสและสมองส่วนกลางแล้วส่งสัญญาณต่อไปยังบริเวณที่รับรู้เกี่ยวกับการมองเห็น (Visual area) ในส่วนของออกซิพิทัลโลบของสมองส่วนเซรีบรัมมีหน้าที่รับแสงและภาพ

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 ชื่อ **Occulomotor nerve** เป็นเส้นประสาทนำคำสั่งต้นที่สมองส่วนกลาง ติดต่อกับกล้ามเนื้อด้านนอกลูกตา กล้ามเนื้อยึดเลนส์นัยน์ตา กล้ามเนื้อม่านตา และกล้ามนื้อหนังตาบน มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของหนังตาและลูกตา

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 4 ชื่อ **Trochlear nerve** เป็นเสนประสาทนำคำสั่งมีจุดกำเนิดอยู่ในสมองส่วนกลาง แล้วส่งไปยังกล้ามเนื้อด้านนอกของลูกตา มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา เช่น บังคับลูกตามองลงหรือเคลบื่อนที่ไปทางหางตา

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 ชื่อ **Trigeminal nerve** เป็นเส้นประสาทชนิดผสมประกอบด้วยเส้นประสาท 3 ประเภทคือ

1.Opthalmic brance เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกที่ไปเลี้ยงกระจกตา กล้ามเนื้อยึดเลนส์ตา เยื่อหุ้มตา ต่อมน้ำตาหนังตา คิ้ว หน้าผาก และจมูก

2. Maxillary branch เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกไปเลี้ยงบริเวณผิวหน้าผาก หนังตา ริมฝีปากบน เหงือก ขากรรไกรบน เยื่อบุในปาก แก้ม และจมูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Mandibular branch เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกและนำคำสั่งไปที่ลิ้น ขากรรไกรล่าง ริมฝีปากล่าง เหงือกล่าง ใบหู และขมับ แขนงประสาทรับความรู้สึกจะรับความรู้สึกจากบริเวณดังกล่าวเข้าสู่พอนส์ ส่วนแขนงประสาทนำคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคี้ยว

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 6 ชื่อ Adducens nerve เป็นเส้นประสาทนำคำสั่ง มีส่วนกำเนิดอยู่ในสมองส่วนพอนส์ แล้วส่งใยประสาทไปเลี้ยงกล้ามเนื้อด้านนอกลูกตา มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวเกี่ยวกับลูกตา เช่น การชำเลืองตา

เส้นประสาทสองคู่ที่ 7 ชื่อ Facial nerve เป็นเส้นประสาทผสมโดยเส้นประสาทนำคำสั่งจะมีกำเนิดอยู่ในพอนส์ แล้วส่งใยประสาทไปเลี้ยงยังบริเวณใบหน้า หนังศีรษะและต่อมน้ำลาย ส่วนเซลล์ประสาทรับความรู้สึก มีจุดกำเนิด ที่ ตุ่มรับรสบริเวณกลางและปลายลิ้น ไปติดต่อกับสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ชื่อ Acoustic nerve เป็นเสนประสาทรับความรู้สึกมี 2 แขนงคือ

1. Vestibular เป็นแขนงที่ตั้งต้นจากท่อเซมิเซอร์คิวลาร์ในหูไปสิ้นสุดที่พอนส์ และเมดัลลาออบลองกาตา ทำหน้าที่ควบคุมการทรงตัว

2. Cochlear nerveเป็นแขนงที่ตั้งต้นจากคอเคลียร์ในหูไปสิ้นสุดที่พอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับคลื่นเสียง

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 ชื่อ Glossopharyngeal nerve เป็นเส้นประสาทแบบผสมประกอบด้วย

1.เส้นประสาทรับความรู้สึก ตั้งต้นที่ด้านหลังคอหอยและโคนลิ้น ไปสิ้นสุดที่สมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา

2. เส้นประสาทนำคำสั่ง ตั้งต้นจากสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตาไปเลี้ยงกล้ามเนื้อคอหอยและต่อมน้ำลาย

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 มีหน้าที่เกี่ยวกับการกลืนอาหาร การหลั่งน้ำลาย การรับรส

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 10 ชื่อ Vagus nerve เป็นเส้นประสาทแบบผสมประกอบด้วย

1. เส้นประสาทรับความรู้สึก เป็นเส้นประสาทที่ติดกับกล่องเสียงหลอดลม หัวใจ ปอด หลอดอาหาร ถุงน้ำดี โดยใยประสาทไปสิ้นสุดที่สมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา

2. เส้นประสาทนำคำสั่ง ตั้งต้นในสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา ส่งไปตามประสาทอัตโนวัติ ไปยังกล้ามเนื้อคอ กล่องเสียง ช่องอกและอวัยวะภายใน

เส้นประสาทคู่ที่ 10 นี้ ทำหน้าที่รับความรู้สึกและควบคุมการทำงานของอวัยวะดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 11 ชื่อ Accesssory nerve เป็นเส้นประสาทนำคำสั่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. เส้นประสาทสมองที่มีจุดกำเนิดในสมองส่วนเมดัลลาออบลองงาตา ส่งใยขนานไปกับเส้นประสาทสมองคู่ที่ 10 ไปยังอวัยวะในช่องอกและช่องท้องบางส่วน

2. เส้นประสาทที่ไขสันหลัง มีจุดกำเนิดที่ไขสันหลังบริเวณคอ ติดต่อกับกล้ามเนื้ออก ท้อง กล่องเสียง และคอหอย

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 11 มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของอวัยวะดังกล่าว

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 12 ชื่อ Hypoglossal nerve เป็นเส้นประสาทนำคำสั่งที่มีจุดกำเนิดในสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตาติดต่อกับกล้ามเนื้อที่ลิ้น

จากเส้นประสาทสมองของคนทั้ง 12 คู่ จะเห็นว่า มีทั้งเส้นประสาทรับความรู้สึก นำคำสั่ง และเส้นประสาทผสม โดยเส้นประสาทสมองคู่ที่1,2 และ 8 เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึก เส้นประสาทสมองคู่ที่ 3,4,6,11 และ12 เป็นเส้นประสาทนำคำสั่ง เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5,7,9 และ 10 เป็นเส้นประสาทแบบผสมเพราะมีทั้งใยประสาทรับความรู้สึก และใยประสาทนำคำสั่งอยู่ด้วยกัน

เส้นประสาทไขสันหลัง

เส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal nerve หรือ SN) เป็นเส้นประสาทแบบผสมทั้งหมด แยกออกมาจากไขสันหลังเป็นคู่ๆ มีทั้งหมด 31 คู่ โดยมีส่วนโคนตอนที่ติดกับไขสันหลัง แยกออกเป็น 2 รากคือ รากบน (Dorsal root)มีเซลล์ประสาทแบบขั้วเดียวซึ่งมีใยประสาทแยกออกจากตัวเซลล์ 2 แขนง โดยแขนงหนึ่งไปติดต่อกับอวัยวะรับความรู้สึก อีกแขนงหนึ่งจะเข้าสู่เนื้อเยื่อสีเทาของไขสันหลังส่วนรากล่าง (Ventral root) เป็นที่อยู่ของเซลล์ประสาทนำคำสั่งเพื่อนำกระแสประสาทไปยังหน่วยปฏิบัติงาน

เส้นประสาทไขสันหลังเรียกชื่อตามกระดูกสันหลังดังนี้

1. **Cervical nerve** เป็นเส้นประสาทไขสันหลังที่อยู่บริเวณคอมีอยู่ 8 คู่ คู่แรกมีต้นกำเนิดในสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตาและออกจากช่องกระดูก ระหว่างกระดูกท้ายทอยกับกระดูกคออันแรก ส่วนคู่อื่นๆมีกำเนิดที่ไขสันหลังและออกจากช่องกระดูกสันหลังโดยผ่านทางช่องกระดูกสันหลังบริเวณหลัง

2. **Thoracic nerve** เป็นเส้นประสาทไขสันหลังที่อยู่บริเวณนอกมี 12 คู่

3. **Lumbar nerve** เป็นเส้นประสาทไขสันหลังที่อยู่บริเวณเอวมี 5 คู่

4. **Sacral nerve** เป็นเส้นประสาทไขสันหลังที่อยู่บริเวณกระเบนหนีบมี 5 คู่

5. **Coccygeal nerve** เป็นเส้นประสาทไขสันหลังที่อยู่บริเวณก้นกบ 1 คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของระบบประสาท

ระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังถ้าใช้ลักษณะของโครงสร้างเป็นเกณฑ์ก็แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. ระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) ได้แก่ สมองและไขสันหลัง

2. ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral nervous system) ได้แก่ เส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง 31 คู่

ระบบประสาททั้ง 2 ระบบนี้ ถ้าพิจารณาตามลักษณะของการทำงานแล้วจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

ระบบประสาทโซมาติก (Somatic nervous system หรือ SNS)

เป็นระบบประสาทที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ ได้แก่ การทำงานของสมอง ไขสันหลัง เส้นประสาทสมอง เส้นประสาทไขสันหลังที่นำคำสั่งไปยังหน่วยปฏิบัติงานที่เป็นกล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeleton muscle) ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานได้

ลำดับการทำงานของระบบประสาทในอำนาจจิตใจ เริ่มต้นจากกระแสประสาทที่ส่งผ่านเซลล์ประสาทรับความรู้สึกเข้าไปยังไขสันหลัง และส่งไปที่ศูนย์กลางออกคำสั่งที่สมองส่วนเซรีบรัม แล้วส่งกลับผ่านไขสันหลังไปตามเซลล์ประสาทนำคำสั่ง ซึ่งจะนำกระแสประสาทดังกล่าวไปแสดงผลที่หน่วยปฏิบัติงาน ซึ่งถ้าแยกองค์ประกอบของระบบประสาทเป็นหน่วยต่างๆที่ทำงานประสานกันแล้ว จะมีลำดับการทำงานดังแผนภาพ

รูปที่ 10 การทำงานของระบบประสาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพการทำงานของระบบประสาท จะเห็นได้ว่ามีหน่วยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานอยู่ 5 หน่วย แต่ในบางกรณีกระแสประสาทที่ส่งผ่านเซลล์ประสาทรับความรู้สึกมาที่ไขสันหลัง สามารถส่งกระแสประสาทไปกระตุ้นเซลล์ประสาทนำคำสั่งให้เกิดกระแสประสาท แล้วส่งไปยังหน่วยปฏิบัติงานโดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องมีหน่วยประสานงานในสมองและไขสันหลัง แต่ก็สามารถทำให้เกิดการตอบสนองได้ เรียกว่า **การตอบสนองแบบรีเฟลกซ์ (Reflex reaction)** ซึ่งมีไขสันหลังเป็นศูนย์กลางการตอบสนอง ในการตอบสนองนี้ต้องอาศัยการทำงานแบบเป็นวงจรของระบบประสาทที่เรียกว่า **รีเฟลกซ์ อาร์ก (Reflex arc)** ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. รีเฟลกซ์อาร์กอย่างง่าย (Monosynaptic reflex arc) ประกอบด้วยเซลล์ประสาทเพียง 2 เซลล์คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึกและเซลล์ประสาทนำคำสั่งซึ่งมีไซแนปส์ติดต่อกันโดยตรงที่ไขสันหลัง

2. รีเฟลกซ์อาร์กอย่างซับซ้อน (Polysynaptic reflex arc) เป็นวงจรระบบประสาทที่ประกอบด้วยเซลล์ประสาท 3 เซลล์คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึกเซลล์ประสาทประสานงาน และเซลล์ประสาทนำคำสั่ง มีไซแนปส์ เกิดขึ้น 2 แห่ง คือ ระหว่างเซลล์ประสาทรับความรู้สึกกับเซลล์ประสาทประสานงานกับเซลล์ประสาทนำคำสั่ง

การตอบสนองแบบรีเฟลกซ์ เป็นการตอบสนองของร่างกายต่อสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมโดยอัตโนวัติ โดยไม่ต้องผ่านส่วนของสมองที่เกี่ยวกับความคิด เช่น เมื่อมือไปจับวัตถุที่ร้อนจะกระตุกมือนั้นหนีออกจากวัตถุทันที การเกิดปฏิกิริยารีเฟลกซ์มีประโยชน์ในการควบคุมการทำงานของร่างกาย ช่วยให้การทำหน้าที่ของส่วนต่างๆของร่างกายมีความสัมพันธ์กันและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงทั้งภายในและภายนอกร่างกายได้ เช่น เมื่อมีอาหารประเภทโปรตีนตกถึงกระเพาะอาหาร จะมีผลการกระตุ้นแบบรีเฟลกซ์ให้มีการหลั่งน้ำย่อยออกมาจากผนังกระเพาะอาหาร การกระพริบตา การไอการจาม การดูดนมของทารก มีผลกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนออกซิโทซิน ซึ่งจะมีผลกระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำนมอีกที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ระบบหลอดเลือด

โครงสร้างและการหมุนเวียนเลือดในคน

คนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Class Mammalia)มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบวงจรปิด มีหัวใจ 4 ห้อง เช่นเดียวกับสัตว์ปีกคือ ห้องบนขวา ห้องล่างขวา ห้องบนซ้าย ห้องล่างซ้ายหัวใจ 2 ห้องแถบขวามีเลือดดำผ่านและสูบฉีดไปแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอด แถบซ้าย 2 ห้องมีเลือดแดงหรือเลือดที่มีออกซิเจนสูงผ่านและสูบฉีดไปทั่วร่างกายเลือดจะผ่านหัวใจ 2ครั้ง ต่อ 1 รอบโดยที่เลือดแดงกับเลือดดำไม่ปะปนกัน หน้าที่ของระบบไหลเวียนเลือดในร่างกายที่สำคัญ คือ

1. นำออกซิเจน (O_2) ไปให้กับเซลล์ทุกๆเซลล์
2. นำคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือของเสียจากเนื้อเยื่อของร่างกายไปขับออกโดยอวัยวะที่ทำหน้าที่ขับถ่ายของเสียออก เช่น ปอดและไต เป็นต้น
3. ลำเลียงน้ำและเกลือแร่ต่างๆ (Electrolyte) ไปให้เซลล์และขับออกจากเซลล์ เพื่อให้สภาพความเป็นกรด-เบสอยู่ในระดับคงที่
4. นำเอนไซม์ต่างๆไปให้เซลล์เพื่อช่วยในกระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์
5. นำฮอร์โมนซึ่งเป็นสารเคมีที่สร้างจากต่อมไร้ท่อไปสู่อวัยวะเป้าหมาย (Target organ) ต่างๆทั่วร่างกาย
6. ช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (Regulation of body temperature) ให้เป็นปกติ
7. ลำเลียงแอนติบอดีที่เซลล์เม็ดเลือดขาวสร้างขึ้นไปให้เซลล์ช่วยให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันต่อเชื้อโรค

การไหลของเลือด

การไหลเวียนของเลือดไปตามหลอดเลือดต่างๆ มีลักษณะเป็นวงจร 4 แบบ คือ

1. วงจรไหลเลือดทั่วร่างกาย (Systemic circulation) คือการไหลของเลือดที่เริ่มต้นจากหัวใจห้องล่างซ้ายไปยังหลอดเลือดแดงใหญ่ หรือหลอดเลือดเออร์ตาไหลไปตามหลอดเลือดแดงทั่วร่างกาย แล้วเข้าสู่หัวใจทางหลอดเลือดดำ (Vein) เข้าสู่หลอดเลือดอินฟีเรียเวนาคาวาและซุพีเรียเวนาคาวา เพื่อนำเลือดเข้าสู่หัวใจทางห้องบนขวา เป็นวงจรที่มีการไหลเวียนทั่วร่างกายหรือวงจรใหญ่

2. วงจรไหลเวียนเลือดผ่านปอด (Pulmonary circulation) เป็นวงจรการไหลเวียนของเลือดจากหัวใจห้องล่างขวาไปยังหลอดเลือดพัลโมนารี อาร์เดอรี เข้าสู่ปอด และมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอดกลายเป็นเลือดที่มีออกซิเจนสูง (Oxygenated blood) แล้วเลือดก็จะไหลจากปอดโดยผ่านทางหลอดเลือดพัลโมนารี เวน เข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย วงจรการไหลเวียนของเลือดผ่านปอดนี้บางที่เรียกว่า **วงจรเล็ก**

3. วงจรไหลเวียนเลือดทารก (Foetal circulation) เป็นวงจรการไหลของเลือดในทารกขณะอยู่ในครรภ์ เลือดบริสุทธิ์ที่มีออกซิเจนและอาหาร (ไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์และของเสีย) ผ่านออกจากรกทางอัมบิลิคอลเวนผ่านเข้าหลอดเลือดอินฟีเรียเวนาคาวาของทารกไปยังหัวใจห้องบนขวา เลือดบางส่วนไหลไปทางห้องล่างขวาตามปกติ แต่บางส่วนจะเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายทางช่องปิดระหว่างหัวใจห้องบนซ้ายและห้องบนขวา (Foramen ovale) เลือดส่วนนี้จะลงสู่หัวใจห้องล่างซ้ายและสูบฉีดไปตามหลอเลือดเอออร์ตา นำอาหารและออกซิเจนไปยังศีรษะและสมอง เลือดบางส่วนที่ลงสู่หัวใจห้องล่างขวาส่วนหนึ่ง จัผ่านไปยังปอด อีกส่วนหนึ่งจะผ่านไปทางหลอดเลือดดักตัส อารีเตอริโอซัส ซึ่งเป็นหลอดเลือดที่เชื่อมระหว่างหลอดเลือดแดงจากปอดกับหลอดเลือดเอออร์ตา เลือดที่ผ่านทางหลอดเลือดนี้จะไม่ผ่านปอดและหัวใจด้านซ้ายแต่จะผ่านไปยังหลอดเลือดเอออร์ตาเลย เพื่อนำอาหารไปเลี้ยงส่วนแขนและขา

4. วงจรไหลเวียนเลือดดำ (Portal circulation) เป็นวงจรการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดดำที่กลับจากม้าม กระเพาะอาหาร ตับอ่อน และลำไส้เข้าสู่ตับ และออกจากตับทางหลอดเลือดเฮพาติกเวน เข้าสู่อินฟีเรียเวนาคาวา เพื่อเข้าสู่หัวใจห้องบนขวาต่อไป

การควบคุมการไหลของเลือด (Regulation of Blood flow through the vessel)

ปริมาณเลือดในร่างกายที่เหมาะสม ส่งผลให้การทำงานของอวัยวะต่างๆในร่างกายทำงานเป็นปกติ ซึ่งปริมาณเลือดที่อวัยวะต่างๆในร่างกายทำงานเป็นปกติ ปริมาณเลือดที่อวัยวะต่างๆจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่ กับอัตราการไหลของเลือดสู่อวัยวะนั้นโดยมีระบบควบคุมคือ

1.ระบบประสาทอัตโนวัติ (Autonomic nervous system) โดยเฉพาะกระแสประสาทของระบบซิมพาเทติก มีความสำคัญต่อการหดตัวของหลอดเลือดฝอย เพื่อปรับการไหลเวียนของเลือดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ตามความต้องการออกซิเจนและอาหารของเนื้อเยื่อนั้นๆ หลอดเลือดทุกหลอดจะมีเส้นประสาทในระบบประสาทอัตโนวัติมาควบคุม ซึ่งสามารถควบคุมได้มากน้อยต่างกันตามลำดับ ดังนี้

กล้ามเนื้อหูรูดของหลอดเลือดฝอย > ปลายสุดของหลอดเลือดฝอย > อาร์เตอริโอล > หลอดเลือดแดง > หลอดเลือดดำเล็ก

การหดตัวของหลอดเลือดเหล่านี้ในเนื้อเยื่อคนละชนิดก็ต่างกันด้วย เช่น

ที่ผิวหนัง > ที่ลำไส้ > ที่ไต > ที่กล้ามเนื้อลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฮอร์โมน (Hormone) ต่อมหมวกไตจะหลั่งฮอร์โมนเอฟีเนพริน มีผลทำให้หลอดเลือดขยายตัวและฮอร์โมนนอร์เอพิเนพริน ที่หลั่งออกมาจากปลายประสาทซิมพาติก มีผลทำให้หลอดเลือดหดตัว

3. สภาพของเนื้อเยื่อ ถ้าเนื้อเยื่อมีอาหารไปเลี้ยงน้อย จะมีการเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังเนื้อเยื่อเหล่านี้มากขึ้น และจะลดการไหลเวียนของเลือดลง เมื่อเนื้อเยื่อเหล่านี้มีอาหารเลี้ยงมากเกินไป

4. สมบัติของกล้ามเนื้อเรียบรอบหลอดเลือดแดง เนื่องจากผนังหลอดเลือดประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบ และหล่อเลี้ยงด้วยเส้นประสาทในระบบประสาทอัตโนวัติ ที่สามารถทำให้หดตัวได้เรียกว่า **Symptheyic vasocontrictor fiber** เมื่อเส้นประสาทที่ถูกกระตุ้นมีผลทำให้หลอดเลือดหดตัวรัศมีของหลอด เลือดเล็กลง ความต้านทานเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ปริมาณเลือดที่ไหลไปสู่อวัยวะต่างๆน้อยลง (อัตราการไหลของเลือดจะแปรผันตามความต้านทาน)

องค์ประกอบของระบบไหลเวียนเลือด

องค์ประกอบของระบบไหลเวียนเลือดในรางกายคน มีดังนี้

1. หัวใจ (Heart)
2. หลอดเลือด (Blood vessels)
3. เลือด (Blood)
4. น้ำเหลืองและหลอดน้ำเหลือง (Lymph and lymph vessels)

หัวใจ (Heart)

หัวใจทำหน้าที่สูบฉีด เพื่อทำให้เกิดการไหลเวียนเลือดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆทั่วร่างกาย ทำให้เนื้อเยื่อเหล่านั้นได้รับอาหารและออกซิเจนเพียงพอ ในขณะเดียวกันก็จะนำคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียออกจากเนื้อเยื่อต่างๆ ไปยังอวัยวะที่ทำหน้าที่กำจัดออก

การสูบฉีดเลือดของหัวใจเกิดการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle) นอกจากนี้การหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจยังเกี่ยวข้องกับระบบสื่อนำ (Conducting system) ในการนำคำสั่งไปยังส่วนต่างๆของหัวใจเป็นจังหวะและพร้อมเพรียงกัน

หัวใจประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ

1. ชั้นเยื่อบุภายในหัวใจ (Endocardium) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบุผิว ชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกล้ามเนื้อเรียบ รวมทั้งลิ้นหัวใจก็เจริญมาจากเนื้อเยื่อชั้นนี้ บางส่วนของชั้นเยื่อภายในหัวใจจะมีชั้นขับเอนโดคาร์เดียม ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อพิเศษที่ทำหน้าที่ตอบสนองต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

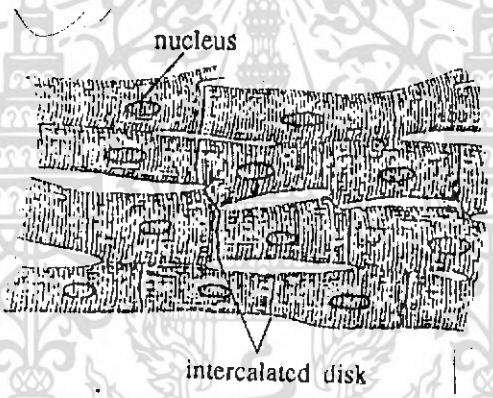
2. ชั้นกล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardium) เป็นชั้นที่มีความหนาที่สุด ประกอบด้วยกล้ามเนื้อหัวใจที่ทำหน้าที่ 2 แบบคือ

2.1 กล้ามเนื้อหัวใจที่ทำหน้าที่ในการหดตัวโดยตรง ได้แก่ กล้ามเนื้อหัวใจห้องบน (Atrium) และกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง (Ventricle)

2.2 กล้ามเนื้อหัวใจเปลี่ยนแปลงเพื่อทำหน้าที่พิเศษ (Modified cardiac tissue)เป็นกล้ามเนื้อหัวใจที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบสื่อไฟฟ้า ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 เซลล์ให้จังหวะ (Pace maker cell) เป็นกลุ่มเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจที่สามารถให้กำเนิดกระแสไฟฟ้าเอง เช่น ไซโนเอเทเรียลโนด หรือ เอส-เอโนดและเอทริโอเวนทริคิวลาร์โนด

2.2.2 บันเดิลของฮิส (Buncle of His) เป็นกลุ่มเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจที่สามารถนำไฟฟ้าได้และไวต่อการกระตุ้นด้วย



รูปที่ 11 การเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อหัวใจที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์ แสดงต่อเยื่อหุ้มเซลล์

3. ชั้นนอก (Epicardium) เป็นชั้นที่หุ้มหัวใจเอาไว้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อไขมันจำนวนมากและมีหลอดเลือดขนาดใหญ่ผ่านด้วย

สมบัติของกล้ามเนื้อหัวใจ (Properties of Cardiac muscle)

กล้ามเนื้อหัวใจมีสมบัติที่สำคัญหลายประการ ได้แก่

1.ไวต่อการกระตุ้น (Excitabllity) หมายถึงสามารถกระตุ้นได้ด้วยการกระตุ้นต่าง เช่น สารเคมี ไฟฟ้า หรือการสัมผัส

2. การหดตัว (Contractility) หมายถึงสามารถหดตัวได้ หัวใจในระยะหดตัวเรียกว่า **Systole** และระยะคลายตัวเรียกว่า **Diastole**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ยืดขยายได้ (Extensibility) หมายถึง สามารถยืดขยายได้เช่นเดียวกับเซลล์กล้ามเนื้อชนิดอื่นๆ การที่หัวใจยืดขยายได้มากนี้ทำให้สามารถบีบตัวได้แรงด้วย

4. เต้นเป็นจังหวะ (Rhythmicty) หมายถึง การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจเป็นจังหวะสม่ำเสมอ

5. นำไฟฟ้าได้ (Conductivity) หมายถึง มีความสามมารถในการนำกระแสไฟฟ้าได้ดี

6. เต้นได้เอง (Automaticity) หมายถึง สามารถเต้นได้เองโดยไม่ต้องอาศัยตัวกระตุ้นจากภายนอก

7. มีระยะดื้อของการตอบสนอง (Refactory periods) หมายถึง มีระยะในการตอบสนองที่ยาว คือ เมื่อได้รับการกระตุ้นแล้วจะไม่รับการกระตุ้นอื่นๆอีก ถึงแม้การกระตุ้นใหม่จะแรงกว่าครั้งแรกก็ตาม

8. ทำหน้าที่ได้ทุกส่วน (Functional) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อหัวใจที่สามารถบีบตัวได้แรงเต็มที่ในขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว ซึ่งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งห้องบนและห้องล่างเปรียบเสมือนเป็นเซลล์เพียงหนึ่งเซลล์ ซึ่งถ้าไม่มีการตอบสนองก็จะไม่มีการบีบตัวเกิดขึ้นเลย เป็นไปตามกฎ All or None Law

เส้นประสาทที่ไปเลี้ยงหัวใจ (Nerve supply to Heart)

ที่หัวใจจะมีเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงด้วย ทั้งนี้ เพื่อช่วยในการปรับอัตราการบีบตัวของหัวใจให้เหมาะสมกับสภาพของร่างกาย เส้นประสาทที่มาหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เป็นเส้นประสาทในระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่

1. ประสาทพาราซิมพาเทติก (Parasymphathetic nerve) กระแสประสาทจะมาในแขนงของเส้นประสาทวากัส ซึ่งเส้นประสาทมองคู่ที่ 10 มีเซลล์ตั้งต้นอยู่ในสมองเมดัลลาออบลองกาตา ประกอบด้วยเซลล์ประสาทนำคำสั่ง 2 เซลล์คือ เซลล์ประสาทพลีแกงกิโอนิก สมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตาจะกระตุ้นเส้นประสาทวากัสให้หลั่งสารอะซิติโคลินออกมาจากปลายแอกซอนของเซลล์ประสาท สารดังกล่าวนี้จะมีผลทำให้หัวใจเต้นช้า การบีบตัวของหัวใจช้าลง และลดการตอบสนองที่กล้ามเนื้อหัวใจ

2. ประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic nerve) กระแสประสาทจะมาในแขนงของเส้นประสาทที่เรียกว่า **Cervical cardiac nerve** ซึ่งมีเซลล์ตั้งต้นอยู่ที่ไขสันหลังประกอบด้วยเส้นประสาทนำคำสั่ง 2 เซลล์ คือเซลล์ประสาทพรีแกงกิโอนิกเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาทโพสท์แกงกิโอนิก เมื่อเซลล์ประสาทนี้ได้รับการกระตุ้น ก็จะหลั่งสารนอร์เอพิเนพรินออกมาจากปลายแอกซอนของเซลล์ประสาท สารนี้จะเกิดผลต่อหัวใจ คือ ทำให้หัวใจทำงานเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มอัตราการเต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหัวใจและความแรงในการบีบตัวของหัวใจ ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจทุกส่วนตอบสนองต่อสิ่งเราได้เร็วและแรง

เสียงที่เกิดจากการเต้นของหัวใจ (Heart sound)

จากการศึกษาพบว่า การไหลของเลือดในหัวใจและการปิดเปิดของลิ้นหัวใจจะทำให้เกิดเสียงขึ้น การตรวจฟังเสียงของหัวใจทำได้ 2 วิธีคือ การใช้เครื่องเสต็ทโทสโคปหรือหูฟังและโดยการใช้เครื่องบันทึกที่เรียกว่า **Phonocardigram** ซึ่งใช้หลักการเปลี่ยนคลื่นเสียงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ตำแหน่งที่ใช้สำหรับฟังเสียงของหัวใจเรียกว่า **Precodial area** เสียงของหัวใจมี 4 เสียง คือ

1. เสียงหนึ่ง (First heart sound) เป็นเสียงต่ำดังชัดเจนเกิดขึ้นตอนหัวใจห้องล่างเริ่มหดตัว เสียงนี้มีความถี่ 30 - 45 รอบต่อวินาที สาเหตุที่ทำให้เกิดเสียงหนึ่ง คือ

1.1 การสั่นสะเทือนของลิ้นโตรคัสปิดและลิ้นไมตรัลในระหว่างปิดหรือหลังปิด ซึ่งตามปรกติลิ้นทั้งสองนี้จะปิดพร้อมกัน

1.2 เกิดจากการพุ่งไหลของเลือดจากหัวใจห้องบนลงไปห้องล่าง

1.3 เกิดจากการสั่นสะเทือนของกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างขณะหดตัว

2. เสียงสอง (Second heart sound) เป็นเสียงสูง ระยะเวลาที่ได้ยินสั้นกว่าเสียงหนึ่ง ความถี่ของเสียงประมาณ 50 - 70 รอบต่อวินาที ได้ยินชัดในตอนปลายของระยะหดตัวและเริ่มเข้าสู่ระยะคลายตัวของหัวใจห้องล่าง สาเหตุที่ทำให้เกิดเสียงนี้เนื่องมาจากลิ้นเอออร์ติกและลิ้นพัลโมนารีปิด (ตามปรกติลิ้นเอออร์ติกจะปิดก่อนลิ้นพัลโมนารีเล็กน้อย)

3. เสียงสาม (Third heart sound) เป็นเสียงที่เกิดขึ้นจากการไหลของเลือด (เลือดเปลี่ยนลักษณะการไหลจากเร็วเป็นช้า) เกิดขึ้นระหว่างก่อนหรือหลังหัวใจห้องบนหดตัวทำให้เลือดไหลจากหัวใจ ห้องบนไปยังห้องล่าง

4. เสียงสี่ (Fourth heart sound) เป็นเสียงที่เกิดจากการหดตัวของหัวใจห้องบน ซึ่งเกิดก่อนเสียงหนึ่งเล็กน้อย มักไม่ค่อยได้ยินในหัวใจคนปกติเนื่องจากความถี่ของเสียงต่ำมาก

หลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ (Blood supply to the myocardium)

หลอดเลือดที่นำอาหารและก๊าซออกซิเจนมาเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจคือ หลอดเลือดโคโรนารี อาร์เตอรี ซึ่งเป็นหลอดเลือดที่แตกแขนงออกมาจากหลอดเลือดเออออร์ตา โดยแตกออกเป็น 2 แขนง ซ้ายและขวา (Left and right coronary artery) เมื่อเลือดแดงถูกสูบฉีดออกจากหัวใจห้องล่างซ้าย (Left ventricle) เลือดส่วนหนึ่งจะถูกส่งมาเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจโดยผ่านทางหลอดเลือดโคโรนารี อาร์เตอรี เลือดที่ใช้แล้วจะไหลกลับทางหลอดเลือดโครโนารี เวน มารวมกันที่โคโรนารี ไซนัส แล้วเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา (Right atrium) โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจ

หัวใจของคนมี 4 ห้อง คือห้องบน 2 ห้องและห้องล่าง 2 ห้อง ห้องบนเรียกว่า **เอเตรียม** ห้องล่างเรียกว่า **เวนตริเคิล** หัวใจ 2 ห้องบนจะมีผนังบางกว่า 2 ห้องล่าง ห้องบนขวาจะทำหน้าที่รับเลือดดำหรือเลือดที่มีออกซิเจนต่ำ จากส่วนต่างๆของร่างกายเข้ามาทางหลอดเวนขนาดใหญ่ คือ หลอดเลือดซุพีเรียเวนาคาวา รับเลือดดำจากร่างกายตอนบน และหลอดเลือดอินฟีเรียเวนาคารา รับเลือดดำจากร่างกายตอนล่าง เลือดที่ไหลเข้ามาจากห้องบนขวาแล้วจะไหลลงมาสู่ห้องล่างขวา (Right ventricle) ทันที โดยที่ห้องบนไม่ต้องบีบตัว เพราะช่องติดต่อระหว่างห้องทั้งสองเปิดไว้อยู่ก่อนแล้ว ตรงช่องนี้จะมีลิ้นกั้นอยู่เรียกว่า **ลิ้นเอตริโอเวน - ตริคิวลาร์** หรือ **ลิ้นไตรคัสปิด** มีลักษระเป็นลิ้น 3 แผ่น ที่ริมของแต่ละลิ้นจะยึดติดกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียกว่า **คอร์ดี เทนดินี** ซึ่งจะยึดติดกับผนังห้องล่างด้วยกล้ามเนื้อแพพิลลารี กล้ามเนื้อนี้จะทำหน้าที่ควบคุม การปิดเปิดของลิ้นหัวใจ โดยจะปิดเมื่อเลือดเข้าสู่หัวใจห้องล่างขวาจนเต็ม ผนังหัวใจห้องล่างขวาจะหนากว่าห้องบน เพราะต้องทำหน้าที่บีบตัว ฉีดเลือดไปตามหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี นำเลือดไปยังปอด ที่โคนของหลอดเลือดนี้จะมีลิ้นกั้นเรียกว่า **ลิ้นพัลโมนารี หรือลิ้นเซมิลูนาร์** มีลักษณะเป็นถุงรูปพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว 3 ใบ ชนกัน แต่ไม่ได้ยึดด้วยคอร์ดี เทนดินี ลิ้นนี้ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เลือดไหลกลับห้องล่างขวา

เมื่อเลือดไปรับออกซิเจนจากปอดแล้วจะกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย (Left atrium)ทางหลอดเลือดพัลโมนารี เวน ซึ่งมีข้างละ 2 หลอด หลอดเลือดเหล่านี้จะไม่มีลิ้นกั้น เมื่อเลือดแดงหรือเลือดที่มีออกซิเจนสูงเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายแล้วจะไหลลงสู่ห้องล่างซ้าย โดยผ่านช่องที่เปิดไว้อยู่ก่อนแล้วที่ช่องนี้มีลิ้น 2 แผ่นกั้นอยู่ เรียกว่า **ลิ้นไบคัสปิด หรือ ลิ้นไมตรัล** ทำหน้าที่คอยปิดเมื่อเลือดเต็มห้องล่างซ้าย ผนังหัวใจของห้องล่างซ้ายจะหนาประมาณ 3 เท่าของห้องล่างขวา เพราะห้องล่างซ้ายต้องทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกายผ่านทางหลอดเลือดเอออร์ตา ซึ่งที่โคนของหลอดเลือดนี้จะมีลิ้นป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ เรียกว่า **ลิ้นเอออร์ติก**

ความดันเลือด (Blood pressure)

ความดันเลือดของระบบไหลเวียนขึ้นอยู่กับแรงบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ ความดันเลือดจะสูงมากในหลอดเลือดแดงที่อยู่ใกล้หัวใจ และจะค่อยๆลดลงเมื่ออยู่ห่างไกลหัวใจออกไป ในหลอดเลือดฝอย และหลอดเลือดดำ ความดันเลือดจะต่ำลงมาก จนถึงหลอดเลือดดำที่จะเข้าสู่หัวใจ จะมีความดันน้อยที่สุดช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงความดันเลือด (Pressure gradient)มากที่สุดเกิดขึ้นในหลอดเลือดอาร์โตริโอล ซึ่งความดันจะเปลี่ยนแปลงจาก 85 มิลลิเมตรปรอท มาเป็น 35 มิลลิเมตรปรอท ตามปกติความดันเลือดแดงในระบบไหลเวียนทั่วร่างกายจะสูงกว่าระบบไหลเวียนผ่านปอด(Pulmonary circulation)ประมาณ 5 เท่า ความดันสูงสุดในหลอดเลือดแดงจะเกิดขึ้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะหัวใจบีบตัว (Systole)ดันเลือดเข้าสู่หลอดเลือดเอออร์ดา เรียกความดันเลือดสูงสุดขณะหัวใจคลายตัวนี้ว่า **Diastolic pressure**

ความดันเลือดในคนปรกติ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

ค่าความดันเลือดเฉลี่ย (Man blood pressure) ระหว่างความดันเลือดสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวกับความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัว หาได้โดยการคำนวณ ดังนี้

$$\text{Mean blood pressure} = \text{Diastolic pressure} + \frac{1}{3}\ \text{Pulse pressure}$$

ตัวอย่าง ถ้าความดันเลือดวัดได้ 120/80 มม.ปรอท จะคำนวณค่าความดันเลือดเฉลี่ยได้ ดังนี้

$$\text{Mean blood pressure} = 80 + \frac{1}{3}(120 - 180)$$

$$= 80 + \left(\frac{1}{3} \times 40\right)$$

$$= 93 \text{ มม.ปรอท}$$

1. อายุ ในเดือนแรกเกิด (New born baby) ความดันเลือดจะต่ำมากประมาณ 80/45 มิลลิเมตรปรอท เมื่ออายุประมาณ 4 ขวบ ความดันเลือดจะเพิ่มขึ้นเป็น 100/66 มิลลิเมตรปรอท และค่อยๆสูงขึ้นเมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่

2. เพศ ค่าความดันเลือดปรกติในชายหนุ่มที่มีสุขภาพแข็งแรง มีค่าประมาณ 120/80 มิลลิเมตร ปรอท ในเพศหญิงที่มีอายุต่ำกว่า 35 ปี จะมีความดันเลือดต่ำกว่าผู้ชายเล็กน้อย แต่เมื่อถึงช่วงอายุ 40 - 50 ปี ความดันเลือดในเพศหญิงจะมากกว่าเพศชาย เนื่องจากผลการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในเพศหญิงในช่วงหมดประจำเดือน (Manopause)

3. เชื้อชาติ ชาวเอเชียโดยทั่วไปมักมีความดันเลือดต่ำกว่าชาวอเมริกันและชาวยุโรป สาเหตุของความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากกรรมพันธุ์ (Genetic factors) และสิ่งแวดล้อม (Environment factors) ตลอดจนอาหาร (Dietary factors) ที่ใช้รับประทานด้วย

4. การเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ เช่น ความกลัว อาจทำให้ความดันต่ำจนเป็นลมได้ แต่ในกรณีที่ตื่นเต้น โกรธหรือกังวล จะมีผลทำให้ความดันเลือดสูงขึ้น

5. ช่วงเวลา ความดันเลือดในแต่ละช่วงเวลาในวันหนึ่งๆจะมีค่าไม่เท่ากัน ตามปรกติความดันเลือดจะต่ำสุดในตอนเช้าและสูงสุดในตอนบ่าย

6. กิจกรรมที่ทำ เช่น ในขณะออกกำลังกาย ขณะยืน หรือหลังการรับประทานอาหารใหม่ๆ ความดันเลือดจะสูง ส่วนการนั่งหรือนอนความดันเลือดจะต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. น้ำหนักตัว ตามปกติคนอ้วนมักจะมีระดับไขมันในเลือดมาก และมีการสะสมไขมันตามผนังด้านในของหลอดเลือด ทำให้ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดมีน้อย ขนาดภายในหลอดเลือดจะแคบลง ความด้านทานเพิ่มขึ้น ความดันเลือดจึงสูง

ชีพจร (Arterial pulse)

ชีพจรคือ คลื่นที่เกิดจากการหดตัวและขยายตัวของหลอดเลือดแดงสลับกัน ซึ่งเริ่มต้นจากหัวใจบีบตัวให้เลือดไหลเข้าไปในหลอดเลือดเอออร์ตาทำให้เกิดแรงดันในผนังหลอดเลือดแดงให้ขยายตัวในขณะที่เลือดไหลผ่าน ซึ่งถ้าเอามือจับเลือดดูจะรู้สึกว่าหลอดเลือดหดตัวและขยายตัวสลับกันทุกๆครั้งที่หัวใจห้องล่างหดตัว ตำแหน่งที่สามารถจับชีพจรได้คือ บริเวณที่มีหลอดเลือดผ่าน เช่น ด้านหน้าหู หลังหูด้านในใต้คางด้านหลัง

หลอดเลือด (Blood vessels)

หลอดเลือด คือ ท่อซึ่งเป็นทางที่ เลือดหมุน เวียนโดยอาศัยแรงจากการสูบฉีดของหัวใจ หลอดเลือดในร่างกายแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. หลอดเลือดแดง (Artery) เป็นหลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจไปสู่เนื้อเยื่อต่างๆ หลอดเลือดแดงจะมีผนังหนาและแข็งแรงมาก ทั้งนี้ เพราะจะต้องต้านทานแรงดันจากการฉีดเลือดจากหัวใจ หลอดเลือดแดงที่ใหญ่ที่สุดอยู่ใกล้หัวใจคือ หลอดเลือดเอออร์ตาและแตกแขนงเป็นหลอดเลือดเล็กลงเรื่อยๆจนถึงหลอดเลือดแดง ที่มีขนาดเล็กสุดที่เรียกว่า อาร์เตอริโอล

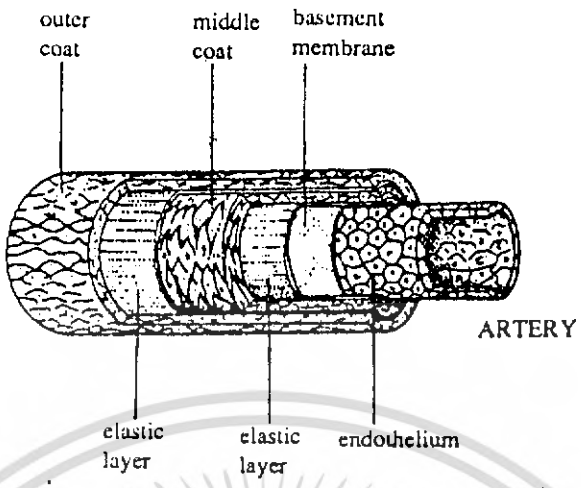
ผนังหลอดเลือดแดง ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นและแต่ละชั้นจะมีส่วนประกอบที่สำคัญที่แตกต่างกันคือ

1) ชั้นใน (Inner coat or Tunica intima or Fenestrated membrane) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบุผิวรูปร่างแบนบาง บุผนังด้านในของหลอดเลือด มีชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันบางๆ และมีเส้นใยอิลาสติกอยู่น้อยมาก เป็นชั้นที่ไม่แข็งแรงเกิดอันตรายได้ง่าย

2) ชั้นกลาง (Middle coat or Tunica media) มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีเส้นใยอิลาสติก มีเนื้อเยื่อพวกคอลลาเจนปนอยู่บ้างเป็นชั้นที่สามารถทำให้หลอดเลือดตีบตัวหรือขยายได้

3) ชั้นนอก (External coat or Tunica adventita) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันส่วนใหญ่ มีกล้ามเนื้อเรียบและเส้นใยอิลาสติกปนอยู่บ้าง พบหลอดเลือดและที่มาเลี้ยงผนังหลอดเลือดเป็นจำนวนมาก เนื้อเยื่อชั้นนอกเป็นชั้นที่เหนียวและให้ความแข็งแรงแก่หลอดเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 ลักษณะของผนังหลอดเลือดแดงหรืออาร์เตอรี

จากส่วนประกอบของผนังหลอดเลือดแดงดังกล่าว ทำให้หลอดเลือดแดงมีสมบัติในการยืดหยุ่นที่ดี (Elasticity) ไม่ว่าจะเป็นความกว้างหรือความยาว ส่วนกล้ามเนื้อเรียบที่เป็นส่วนประกอบของหลอดเลือดแดงนั้น สามารถทำให้หลอดเลือดตีบหรือขยายได้ ซึ่งมีผลต่ออัตราการไหลของเลือดด้วย

2. หลอดเลือดดำ (Vein) เป็นหลอดเลือดที่นำเลือดดำหรือเลือดที่มีออกซิเจนต่ำ (Low oxygenated blood) กลับเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา ยกเว้นเลือดที่เข้าสู่หัวใจทางห้องบนซ้ายทางหลอดเลือดพัลโมนารีเวน จะนำเลือดแดงหรือเลือดที่มีออกซิเจนสูง (Oxygenated blood)ที่ฟอกแล้วจากปอดเข้าสู่หัวใจ

หลอดเลือดที่นำเลือดดำเข้าสู่หัวใจเรียงจากหลอดที่มีขนาดเล็กไปยังหลอดที่มีขนาดใหญ่ ดังนี้คือ หลอดเลือดเวนุล เวน และเวนาคาวา ผนังของหลอดเลือดดำประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น เหมือนกับในหลอดเลือดแดง แต่มีส่วนที่แตกต่างกันได้แก่

1) ผนังหลอดเลือดดำบางกว่าหลอดเลือดแดง ดังนั้น เมื่อถูกตัดขาดหรือขณะไม่มีเลือดจะแฟบได้ง่าย (Collapse)

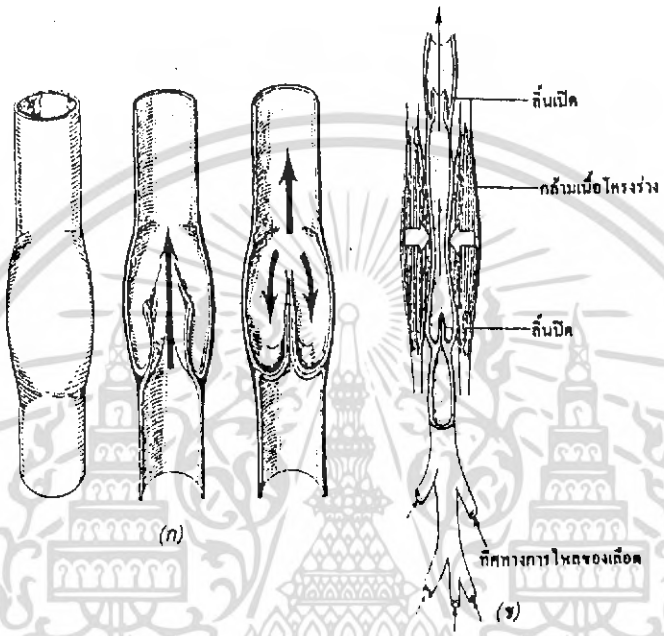
2) ผนังชั้นกลาง (Tunica media) ของหลอดเลือดดำบางกว่าของหลอดเลือดแดงมาก ทั้งนี้เพราะมีชั้นของกล้ามเนื้อเรียบและชั้นของเส้นใยอิลาสติกน้อย

3) หลอดเลือดดำที่มีพื้นที่หน้าตัดรวม (Total cross sectional area) ใหญ่กว่าหลอดเลือดแดงมาก หลอดเลือดดำจึงสามารถบรรจุเลือดได้มากกว่าหลอดเลือดแดง ประมาณสองในสามของปริมาณเลือดในร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การไหลของเลือดในหลอดเลือดดำค่อนข้างช้าภายใต้ความดันต่ำ

5) หลอดเลือดดำส่วนใหญ่จะมีลิ้นกั้นเป็นระยะๆ โดยลิ้นจะเปิดให้เลือดเข้าสู่หัวใจทางเดียวหลังจากนั้นจะปิดป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ

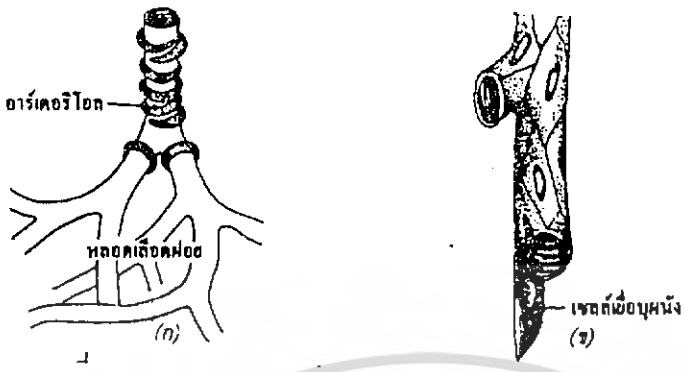


รูปที่ 13 (ก) แสดงลิ้นในหลอดเลือดดำ
(ข) การไหลของเลือดในหลอดเลือดดำ

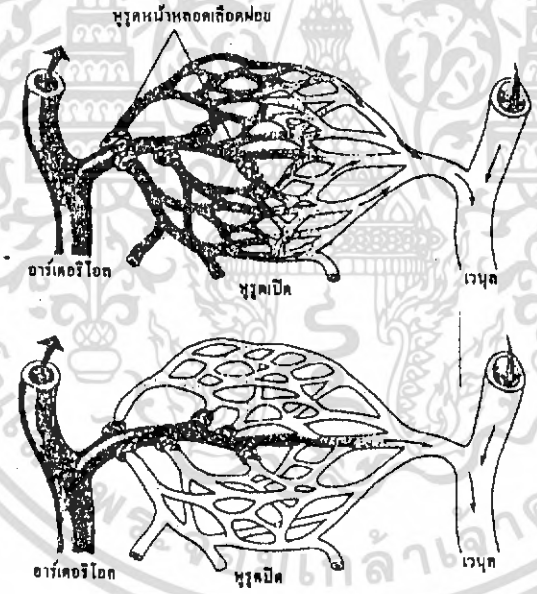
3. หลอดเลือดฝอย (Capillary) เป็นหลอดเลือดที่มีขนาดเล็กมาก เป็นหลอดเลือดที่เชื่อมติดต่อระหว่างหลอดเลือดอาร์เตอริโอลกับหลอดเลือดเวนุล ปริมาตรของเลือดที่บรรจุในหลอดเลือดฝอยประมาณ 5 เปอร์เซนต์ของปริมาตรเลือดทั้งหมดในร่างกายหลอดเลือดฝอยแต่ละแขนงยาวประมาณ 1 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 ไมครอน หน้าที่หลักของหลอดเลือดฝอยคือ นำสิ่งที่เป็นประโยชน์ เช่น ออกซิเจน น้ำ และสารอาหารต่าง ไปให้เซลล์

และยอมให้ของเสียต่างๆที่เกิดจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์ แพร่เข้ามาในหลอดเลือดฝอยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 (ก) หลอดเลือดฝอยแยกออกมาจากอาร์เตอร์ริโอล
(ข) โครงสร้างของผนังหลอดเลือดฝอย



รูปที่ 15 แสดงการไหลของเลือดจากอาร์เตอริโอลผ่านหลอดเลือดฝอยไปยังเวนุล

ส่วนประกอบของเลือดคน

เลือดคนมีประมาณ 8 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักตัว ในจำนวนนี้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเม็ดเลือด 45 เปอร์เซนต์และเป็นส่วนของน้ำเลือด 55 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพของเลือด (Physical characteristic of blood)

เลือดมีลักษณะทางกายภาพดังนี้

1. ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) เลือดมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.050-1.064
2. ความเป็นกรด - เบส เลือดมีความเป็นกรด-เบส ประมาณ 7.4
3. สี (Colour) เลือดที่อยู่ในหลอดเลือดดำ จะมีสีเข้มกว่าเลือดที่อยู่ในหลอดเลือดแดง
4. รส (Taste) เลือดมีรสเค็มเล็กน้อย
5. ความหนืด (Viscocity) เลือดมีความหนืดประมาณ 10 เท่าของน้ำ

เม็ดเลือด (Blood cell or Blood corpuscle)

เม็ดเลือดที่มีอยู่ในร่างกาย มี 3 จำพวก

1. เม็ดเลือดแดง (Red blood cell or Erythrocle) เม็ดเลือดแดงเมื่อมองดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมองเห็นมีลักษณะกลมแบน พื้นด้านหน้าเว้าเข้าหากันทั้ง 2 ด้าน เมื่อเซลล์เติบโตเต็มที่แล้วจะสูญเสียนิวเคลียสและไมโทรคอนเดรีย ในแต่ละเซลล์ของเม็ดเลือดแดงจะมีฮีโมโกลบินอยู่ประมาณ 300 ล้านโมเลกุล ฮีโมโกลบินทำหน้าที่เกี่ยวกับการลำเลียงออกซิเจน เม็ดเลือดแดงของคนมีอยู่ในเลือดทั้งหมดประมาณ 25,000,000,000,000 เซลล์ หรือ 5,000,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร เนื่องจากเม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส จึงไม่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้ ทำให้มีช่วงอายุอยู่ในกระแสเลือดได้เพียง 90 - 130 วัน ในทุกๆวินาทีจะพบว่ามีอัตราการถูกทำลายของเม็ดเลือดแดงสูงถึง 1.5-2 ล้านเซลล์ แต่ร่างกายก็สามารถสร้างขึ้นมาแทนได้ ในอัตราที่ทัดเทียมกัน ในเม็ดเลือดแดงมีฮีโมโกลบินอยู่ 2 แบบ คือ

1.1ฮีโมโกลบิน A (Hemoglobin A) ประกอบด้วยโปรตีนโกลบูลิน จับกับส่วนที่ไม่ใช่โปรตีนที่เรียกว่า ฮีม 4 โมเลกุล ในโกลบูลินแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยสายโพลีเปปไทด์ 2 คู่ คู่แรกคือสาย แอลฟาซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน 141 ตัว และคู่ที่ 2 คือสาย บีตา ประกอบด้วยกรดอะมิโน 146 ตัว

1.2 ฮีโมโกลบิน A_2 (Hemo-globin A_2) มีประมาณ 2.5 เปอร์เซนต์ของฮีดมโกลบินทั้งหมด มีสายเดลตาแทนสายบีตา ซึ่งในสายเดลตาประกอบด้วยกรดอะมิโน 146 ตัวเช่นกันแต่มีกรดอะมิโนที่แตกต่างกัน 10 ตัว

สารที่จำเป็นในการสังเคราะห์ฮีโมโกลบินและเม็ดเลือดแดงที่สำคัญ ได้แก่

1. ไขมัน (คอเลสเตอรอลและฟอสโฟลิพิด) และโปรตีนที่ใช้ในการสังเคราะห์เยื่อหุ้มเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เหล็กและกรดอะมิโน ใช้ในการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน
3. ฮอร์โมนอีริโทรพอยอิทิน ทำหน้าที่กระตุ้นการสังเคราะห์เม็ดเลือดแดง
4. วิตรมิน ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน
5. กราดโฟลิก (Folic acid) กระตุ้นการสังเคราะห์เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน
6. ทองแดง (Cu) และโคบอลต์ (Co) ช่วยเร่งการก่อสร้างฮีโมโกลบิน

2. เม็ดเลือดขาว (Leukocyte or White blood cell) เซลล์เม็ดเลือดขาวเป็นเซลล์ที่ไม่มีสีแดง ไม่มีฮีโมโกลบิน ลักษณะรูปร่างของเม็ดเลือดขาวค่อนข้างกลม มีการเคลื่อนที่คล้ายอะมีบา ภายในเซลล์มีนิวเคลียสด้วย เซลล์เม็ดเลือดขาวมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์เม็ดเลือดแดง ในร่างกายของคนเรามีประมาณ 6,000- 9,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร

เม็ดเลือดขาวสามารถเคลื่อนที่ผ่านผนังของหลอดเลือดฝอย เข้าสู่ระบบน้ำเหลืองไปตามเนื้อเยื่อต่างๆได้ และสามารถเคลื่อนที่เข้าหาหรือหนีสารเคมีได้หลายชนิด โดยเฉพาะสารเคมีที่เกิดขึ้นในตอนที่มีบาดแผลหรือเกิดการบวมอักเสบ ตัวอย่างสารเคมีที่เม็ดเลือดขาววิ่งเข้าหาได้แก่ กรดนิวคลีอิค

เม็ดเลือดขาวแบ่งออกเป็น 2 จำพวกตามลักษณะแกรนูลในไซโทพลาสซึม ดังนี้

2.1 เม็ดเลือดขาวที่มีแกรนูล เรียกว่า Granule หรือ Polymorphonuclear leukocyte เป็นเม็ดเลือดขาวชนิดที่มีแกรนูลอยู่ในไซโทพลาสซึม มีประมาณ 70 เปอร์เซนต์ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด

1) นิวโทรฟิล (Neutrophil) เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีปริมาณมากที่สุด คือมีประมาณ 40-70 เปอร์เซนต์ ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมดภายในร่างกาย สร้างมาจากไขกระดูกนิวเคลียสมีพูตั้งแต่ 3-5 พู ทำหน้าที่กินสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีฟาโกโซโทซิส

2) อิโอซิโนฟิล (Eosinophil) เป็นเม็ดเลือดขาวที่สร้างมาจากไขกระดูกมีอยู่ประมาณ 2-5 เปอร์เซนต์ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด หรือมีประมาณ 200-400 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร อิโอซิโนฟิลส่วนใหญ่อยู่ในเนื้อเยื่อมากกว่าในกระแสเลือด โดยอยู่ในชั้นเซลล์เยื่อบุผิวบริเวณต่างๆของร่างกาย เช่น ผิวหนัง ปอด ทางเดินอาหาร ทางเดินปัสสาวะส่วนปลาย และมดลูก เป็นต้น ลักษณะของเซลล์อิโอซิโนฟิลมีรูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 ไมครอน นิวเคลียสมักมีประมาณ 2 พู ภายในไซโทพลาสซึมมี แกรนูลจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) บาโซฟิล (Basophils) เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวพวกที่มีแกรนูลที่พบน้อยที่สุด คือ มีเพียง 0.5-1 เปอร์เซนต์ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด สร้างมาจากไขกระดูก รูปร่างค่อนข้างกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10- 14 ไมครอน นิวเคลียสมีตั้งแต่ 2 พูขึ้นไป

2.2 เม็ดเลือดขาวไม่มีแกรนูล เรียกว่า **Nongranular leukocyte** เป็นเม็ดเลือดขาวที่ไม่มีแกรนูในไซโทพลาซึม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) มอโนไซต์ (Monocytes)เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดสร้างมาจากไขกระดูก มีอยู่ประมาณ 4 - 8 เปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด รูปร่างของเซลล์มีลักษณะกลม นิวเคลียสกลม ผิวเรียบ ภายในนิวเคลียสประกอบไปด้วยโครมาตินที่มีความหนาแน่นน้อย หลังจากที่เซลล์เม็ดเลือดขาวประเภทนี้อยู่ในกระแสเลือดระยะหนึ่งแล้ว จะเคลื่อนที่ไปสู่เนื้อเยื่อในอวัยวะต่างๆของร่างกาย แล้วเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นแมโครเฟจ ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ มีไซโทพลาสซึม ไลโซโซม และไมโทรคอนเดรียเพิ่มมากขึ้นมีรูปร่างไม่แน่นอน อาจมีหลายนิวเคลียสก็ได้ มีประสิทธิภาพในการจับกินสิ่งแปลกปลอมได้ดีมาก มักพบกระจายอยู่ตามเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่างๆ และอยู่รอบๆผนังหลอดเลือดขนาดเล็กในปอด ตับ ม้าม และต่อมน้ำเหลือง ทั้งมอโนไซต์และแมโครเฟจ ทำหน้าที่กำจัดเซลล์ที่ผิดปรกติ เซลล์ที่ชำรุด หรือเศษเซลล์ (Cell debris)

2) ลิมโฟไซต์ (Lymphocytes)มีประมาณ 20 - 50 เปอร์เซ็นต์ ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด หรือมีอยู่ประมาณ 1,500 - 4,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ลิมโฟไซต์เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีความสำคัญที่สุดในการตอบสนองภูมิคุ้มกัน เป็นเซลล์ที่จะรับรู้ต่อสิ่งแปลกปลอมหรือแอนติเจนที่เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งลิมโฟไซต์จะสามารถตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมนั้นอย่างจำเพาะ โดยการสร้างแอนติบอดี ซึ่งเป็นสารประเภทโปรตีนออกมาต่อต้านสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคนั้น

ลิมโฟไซต์มีลักษณะ ที่แตกต่างกัน 2 พวกคือ ลิมโฟไซต์ชนิดบี หรือเซลล์ บี มีกำเนิดมาจากต่อมน้ำเหลือง มีหน้าที่สร้างแอนติบอดี และอีกชนิดหนึ่งคือ ลิมโฟไซต์ชนิด ที หรือเซลล์ ที มีกำเนิดมาจากต่อมไทมัส มีหน้าที่ควบคุมการสร้างแอนติบอดี

3. เพลตเลต (Platelet or Thrombocyte) ไม่ใช่เซลล์แต่เป็นชิ้นส่วนของไซโทพลาส ซึมที่เกิดจากไซโทพลาสซึมของเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ที่เรียกว่า **เมกะคาริโอไซต์ (Megakaryocyte)** ซึ่งสร้างมาจากไขกระดูกแล้วขาดเป็นชิ้นๆ เพลตเลตในคนมีลักษณะกลมคล้ายเกร็ดปลา เว้าตรงกลางทั้งสองข้างคล้ายเม็ดเลือดแดง ทีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 - 4 ไมครอนมรอยู่ในร่างกายประมาณ 250,000 - 350,000 ชิ้นต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร เพลตเลตมีอายุประมาณ 10 วัน ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ซึ่งมีขั้นตอนคือ เมื่อร่างกายมีบาดแผล ผนังหลอดเลือดฉีกขาด เพลตเลตก็จะเคลื่อนที่มารวมกันบริเวณที่มีรอยฉีกขาดนี้ และปล่อยสารที่เรียกว่า **ทรอมโบพลาสติน (Thromboplastin)** ออกมา สารนี้ทำปฏิกิริยารวมตัวกับแคลเซียมไอออน วิตามินเค และโปรตีนบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดในน้ำเลือด มีผลทำให้โปรตีนตัวหนึ่งในน้ำเลือดคือ โพรทรอมบิน เปลี่ยนเป็น ทรอมบิน ซึ่งสารนี้จะทำปฏิกิริยากับไฟบริไนเจน ที่มีอยู่แล้วในเลือดให้กลายเป็นไฟบริน ซึ่งเป็นสารโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ จะตกตะกอนเป็นร่างแหโปรตีนอุดบาดแผลป้องกันการไหลของเลือดออกจากบาดแผล

การป้องกันการแข็งตัวของเลือดทำได้ ดังนี้

1. ใช้ออกซาเลต (Oxalate) หรือซิเทรต (Citrate) ไปรวมกับแคลเซียมในเลือด ป้องกันไม่ให้ทรอมโบพลาสตินมีปฏิกิริยากับโพรทรอมบินได้

2. ใช้ยา Phenindion ป้องกันไม่ให้มีการสร้างโพรทรอมบินจากวิตามินเคในตับ

3. ใช้สารเฮพาริน (Heparin) ซึ่งเป็นสารที่สกัดมาจากตับใช้ป้องกันการเปลี่ยนโพรทรอมบินไปเป็นทรอมบิน

4. น้ำเลือด (Blood plasma) คือส่วนที่เป็นของเหลวแยกจากพวกเม็ดเลือด มีประมาณ 55 - 57 เปอร์เซ็นต์ของเลือดทั้งหมด น้ำเลือดประกอบด้วยสารหลายอย่าง ได้แก่

4.1 น้ำ (water) ในน้ำเลือดมีน้ำอยู่ประมาณ 90 - 92 เปอร์เซ็นต์ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายและแขวนลอยสารต่างๆ ทำให้เกิดมีประจุและนำความร้อนได้

4.2 โปรตีน (Protein) ในน้ำเลือดมีโปรตีนอยู่ประมาณ 6 - 8 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เลือดมีความหนืดและความดันออสโมซีส ซึ่งจะช่วยปรับปริมาตรของเลือด และรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย โปรตีนยังช่วยให้เลือดแข็งตัวเมื่อได้รับบาดแผล โปรตีนที่พบในน้ำเลือดได้แก่

1) อัลบูมิน (Albumin) เป็นโปรตีนที่สร้างจากตับ มีหน้าที่ทำให้เกิดแรงดันออส - โมซีสในเลือด

2) แอลฟา โกลบูลิน (Alpha globolin) มีหน้าที่เป็นตัวพาสารบิลิรูบิน (Bilirubin) ไขมัน

3) บีตา โกลบูลิน (Beta globulin) ทำหน้าที่เป็นตัวพาสารสเตอร์รอยด์ ไขมัน แคโรทีน และเหล็กในน้ำเลือด (โปรตีนพวกโพรทรอมบินจัดเป็นบีตา โกลบูลิน ชนิดหนึ่งด้วย)

4) แกมมา โกลบูลิน (Gamma globulin) เป็นโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของแอนติบอดี

5) ไฟบริไนเจนและโพรทรอมบิน เป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด

นอกจากนี้ โปรตีนในน้ำเลือดยังมีหน้าที่เกี่ยวกับการเผาผลาญอาหารของร่างกาย ทำให้เลือดมีความหนืด ช่วยให้เม็ดเลือดแดงมีอยู่สม่ำเสมอในกระแสเลือด และช่วยรักษาสมดุลของกรด-เบสในเลือดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สารประกอบไนโทรเจนที่ได้จากกระบวนการเมทาบอลิซึม ได้แก่ ยูเรีย มีประมาณ 8 - 25 มิลลิกรัม ครีเอทินิน มีประมาณ 0.7 - 1.5 มิลลิกรัม และกรดอะมิโน มีประมาณ 0.13 - 3.0 มิลลิกรัม

4.4 สารอนินทรีย์พวกอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) มีประมาณ 0.9 - 1.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำเลือด สารเหล่านี้ได้แก่ เกลือของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม คลอไรด์ ซัลเฟต เหล็ก และไอโอดีน สารอิเล็กโทรไลต์เหล่านี้ เป็นตัวทำให้เกิดความดันออสโมซีส ทำให้เนื้อเยื่อต่างๆ ตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น และยังทำให้เป็นระบบบัฟเฟอร์อีกด้วย

4.5 ก๊าซ (Gas) ก๊าซต่างๆที่มีอยู่ในน้ำเลือด ได้แก่ ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน

4.6 กลูโคส (Glucose) มีประมาณ 60 - 100 มิลลิกรัม ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรของเลือด ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานให้แก่เนื้อเยื่อต่างของร่างกาย

4.7 ไขมัน (Lipid) ไขมันที่พบในน้ำเลือด ได้แก่

1) กรดไขมัน (Fatty acid) มีประมาณ 190-420 มิลลิกรัม ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรของเลือด

2) คอเรสเตอรอล (Cholesteral) มีประมาณ 159 - 280 มิลลิกรัม ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรของเลือด

3) ไทรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีประมาณ 20 มิลลิกรัม ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรของเลือด

4.8 เอนไซม์ (Enzyme) เอนไซม์ในน้ำเลือดมีหน้าที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมี หรือการเกิดเมทาบอลิซึมในร่างกาย

4.9 วิตามิน (Vitamin) ในน้ำเลือดมีวิตามินอยู่หลายชนิด ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี ไทอามินไรโบเฟลรินโทโคฟอรอล วิตามินบี 6 วิตามินบี 12 วิตามินซี กรดนิโคตินิก กรดโฟลิก

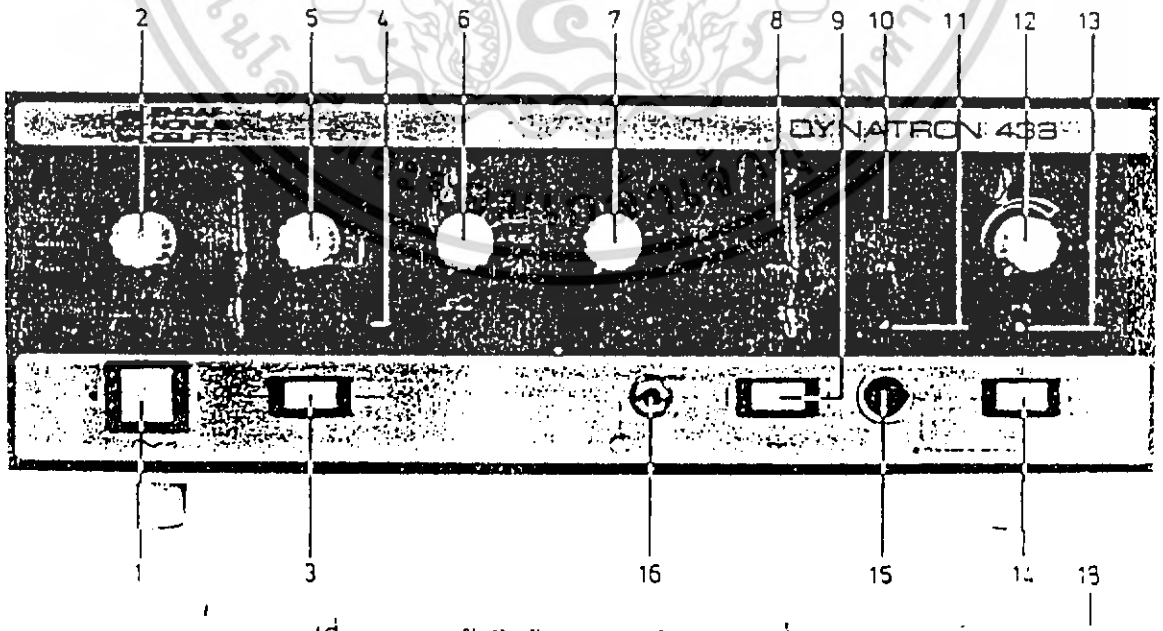
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ปุ่มปรับที่ด้านหน้า

1. สวิตช์เปิด / ปิด (on /off switch)
2. การเลือก mod ของกระแส
3. สวิตช์เลือก pulse duration time
4. ไฟบอกช่วง pulse duration time
5. ปุ่มควบคุมช่วง pulse duration
6. ปุ่มควบคุมช่วง pulse interval
7. ปุ่มควบคุม surge interval
8. เวลา
9. สวิตช์เลือกเวลา
10. กระแสเป็น milliamp
11. ไฟบอกช่วง pulse
12. ปุ่มปรับความเข้ม
13. ไฟเตือนในช่วงที่ปุ่มความเข้มไม่อยู่ที่ศูนย์
14. socket สำหรับต่ออิเล็คโทรด
15. socket สำหรับ remote



รูปที่ 16 แผงหน้าปัดปุ่มควบคุมต่างๆของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram

หัวใจสำคัญของบล็อกไดอะแกรม คือ ไมโครคอมพิวเตอร์, EPROM, latch และ อินพุท/เอาท์พุทพอร์ต อุปกรณ์ทั้งหมดรวมเข้าไปเป็นบล็อกเดียวกันเรียกว่า μcom.(Microcom.) หรือ Central Control Section

μcom. และ EPROM จะเป็นตัวลำดับการทำงานและปฏิบัติคำสั่ง

The PPI จะเป็นตัวขยายการทำงานของ μcom. โดยส่งคำสั่งไปควบคุม Relays, Display และ LED, Buzzer Analogue multiplexers μcom. ทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกา 6 MHz มีการตรวจเช็คสิ่งที่ผิดปรกติเข้ามาโดยมีวงจร WATCHDOG คือ วงจร monostable multivibrator μcom.จะเป็นตัวเช็คสัญญาณ ถ้าไม่มีความผิดปกติของสัญญาณ trigger วงจร WATCHDOG จะเป็น "1" ถ้ามีสิ่งผิดปรกติในการ Trig ของสัญญาณ trigger วงจร WatchDOG จะเป็น "0" และจะไม่ยอมจ่ายสัญญาณเอาท์พุทแก่ผู้ป่วย (output short circuited) ถ้า μcom. ตรวจจับสิ่งผิดปรกติได้ μcom.จะหยุดการส่งสัญญาณ output แล้วส่งสัญญาณ Error massage ไปแสดงผลที่หน้าจอ

ตัวแปรจะกำหนดรูปร่างสัญญาณ Output ให้ตรงกับ Current mode, pulse duration, pulse interval และ จำนวนของกระแส sourge ต่อนาที ถูกกำหนดโดย Analog to digital โดย μcom. (เปลี่ยนโดยการควบคุมของ CCS)

-วงจร ADC ถูกสร้างให้เป็น "Multiplexing ADC" โดยจะมี output จาก Analog 8 อินพุทข้อมูลที่ 1 อินพุท analog สามารถเลือกและเปลี่ยนได้

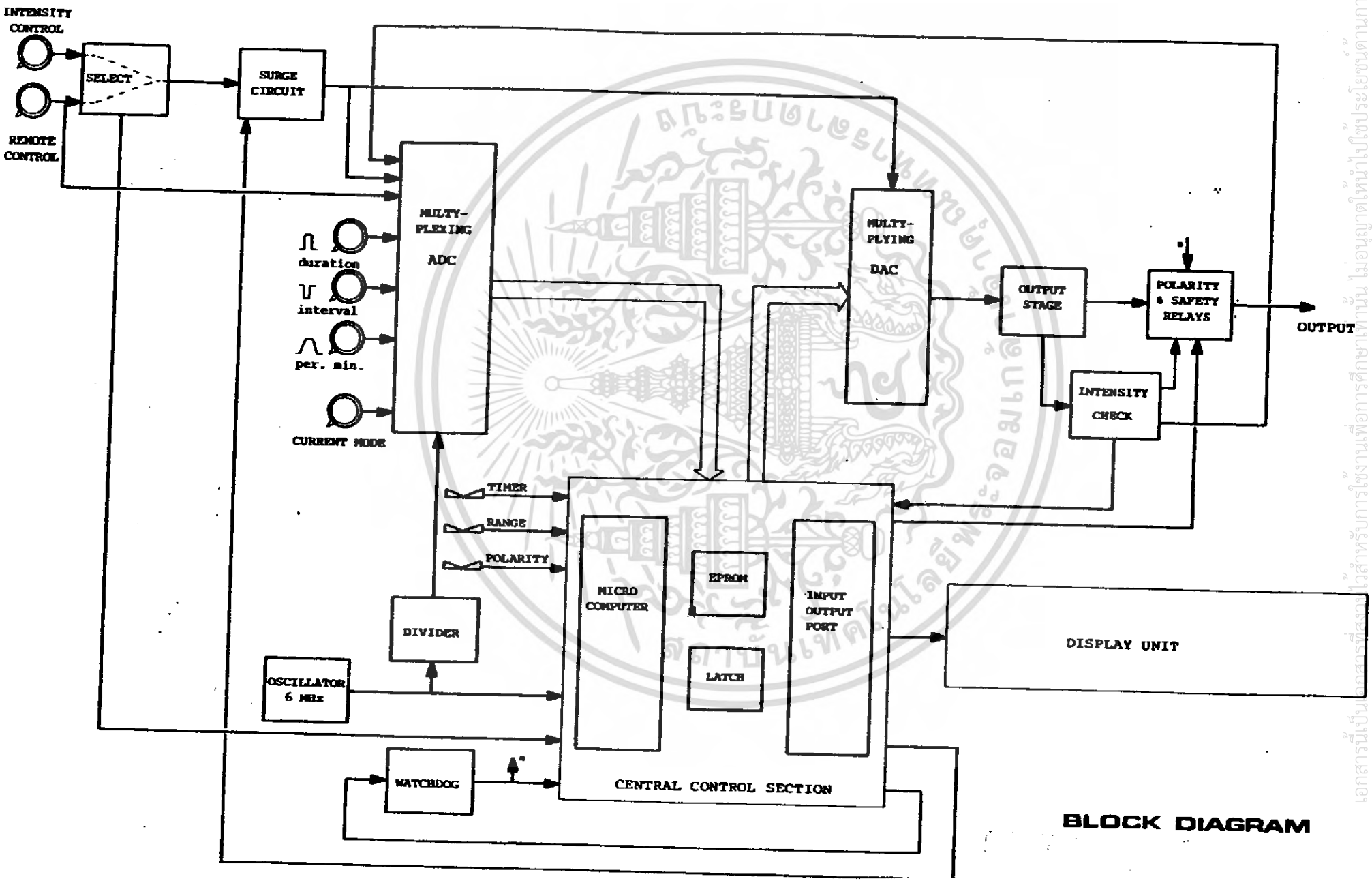
-ในการเลือก Analog-input จะเลือกโดย CCS

-ความเข้มของกระแสถูกเลือกโดย μcom. ที่ Output ของ "Multiplying DAC" จะเป็น Analog Voltage ที่มีรูปร่างที่เรากำหนดซึ่งได้จากข้อมูลทาง Digital และขนาด(Amplitude)จะเป็นไปตามแรงดันอ้างอิง

-กระแสที่ออกเอาท์พุทจะผ่าน RELAY ที่สามารถกลับขั้วได้ถ้ามีสิ่งผิดปรกติขึ้น RELAYก็จะปิดทำให้กระแสไม่สามารถไหลไปที่คนไข้ได้

-กระแสที่ออกไปที่เอาท์พุทจะถูกวัดโดยผ่าน ADC ถ้ากระแสมีค่าเกินกว่าที่ CCS กำหนดไว้จะสั่งให้ Relay หยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BLOCK DIAGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

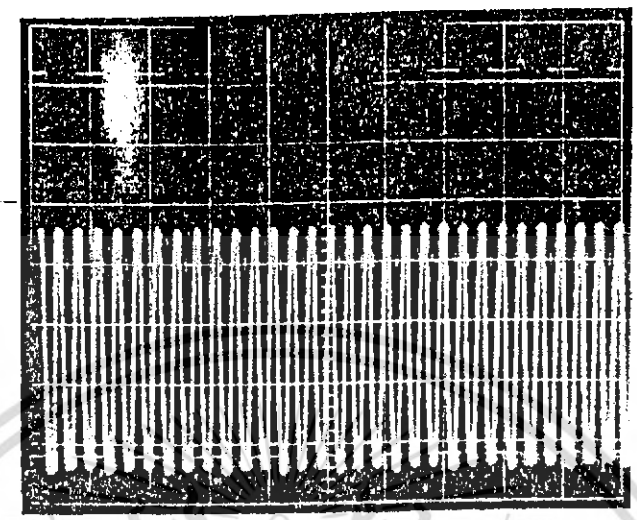


Photo 4, TP15, 6MHz, 0.5us/DIV
1V/DIV

รูปที่ 18 สัญญาณที่ TP 15 คือสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้ cpu 8031 ทำงานที่ความถี่ 6 MHz

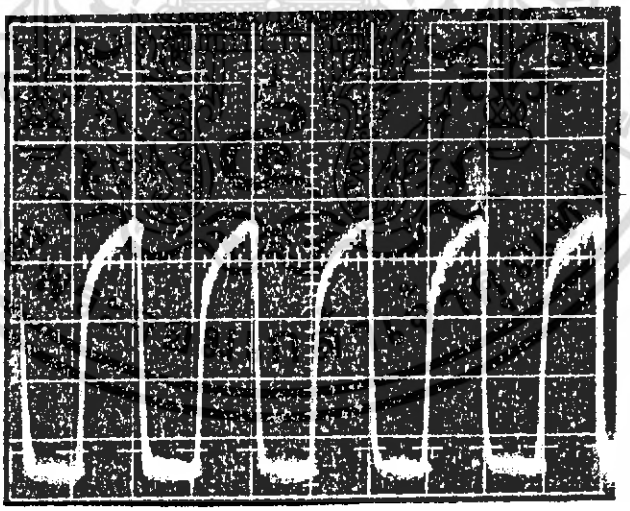


Photo 5, TP14, 1MHz, 0.5us/DIV
1V/DIV

รูปที่ 19 สัญญาณที่ Testpoint ที่ 14 คือสัญญาณนาฬิกาที่มีการหารแล้วจาก IC เบอร์74 LS 92 จะมีความถี่ 1 MHz ที่ scope 0.55/1 DIV 1V/ DIV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

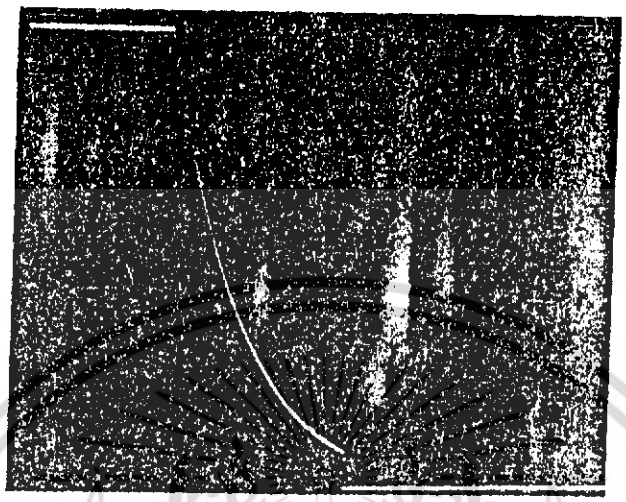


Photo 7, SURGE 'G' 0.5s/DIV
80mA, 100 Ohm 1V/DIV

รูปที่ 20 รูปคลื่นของ output โดยมีการต่อ Dummy Lood 100 โอมห์/1 วัตต์ โดยมีการปรับ mode ของกระแสไปที่ DF ความเข้มกระแสที่ 80 MA ที่ Scope ปรับที่ 5 mS/ 1DIV 1V/ DIV

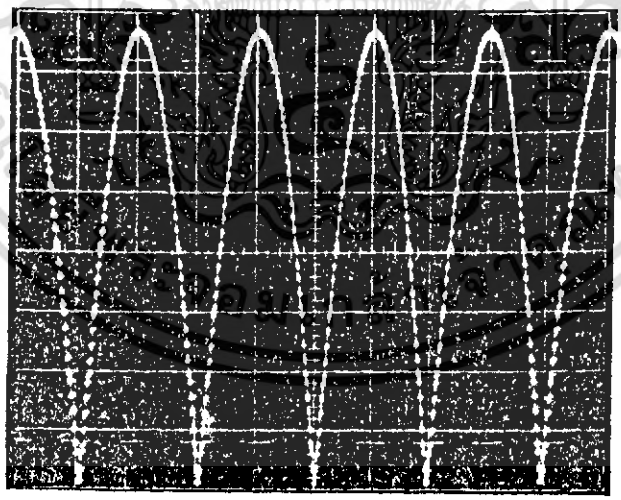


Photo 6, DF 80mA, 100 Ohm 5ms/DIV
1V/DIV

รูปที่ 21 รูปคลื่นของ Out put โดยมีการต่อ Dummyload ที่ 100 Ω/1Watt ปรับโหมดของกระแสไปที่ Galvanic ปรับความเข้มไปที่ 80mA และเรามีไฟกลับขั้ว จะสังเกตเห็น out put เป็นไปตามรูปที่ 21 ที่ Scope ปรับที่ 0.5 S/DIV 1V/DIV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

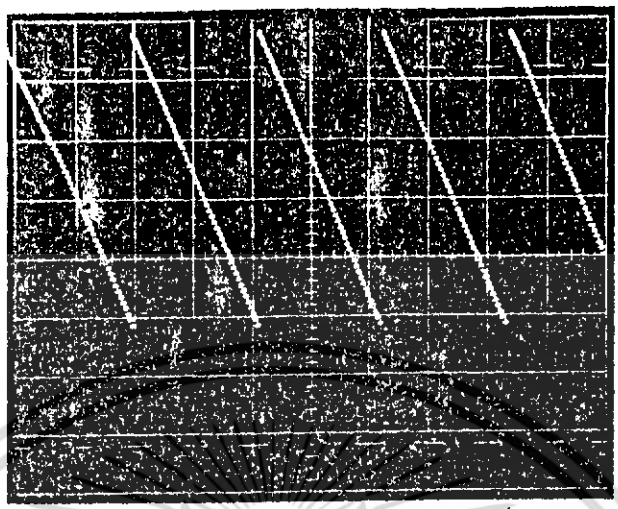


Photo 8, TEST 4, TP23, 0.5s/DIV
1V/DIV

รูปที่ 22 สัญญาณที่ TP 23 คือสัญญาณที่เปลี่ยนจากสัญญาณดิจิตอลไปเป็นสัญญาณอนาล็อก ที่ scope ปรับที่ 0.5 S/DIV 1V/DIV

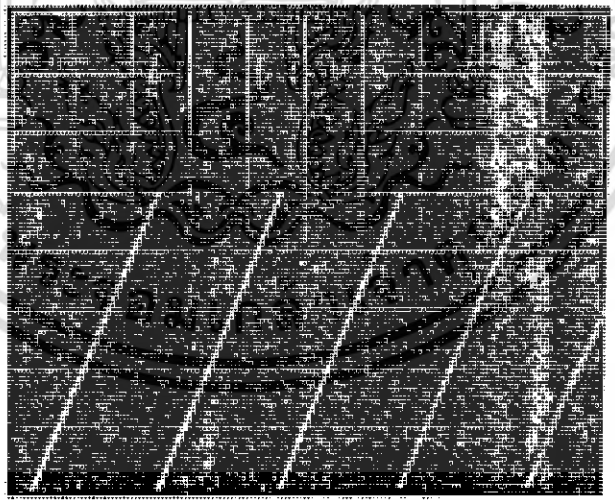
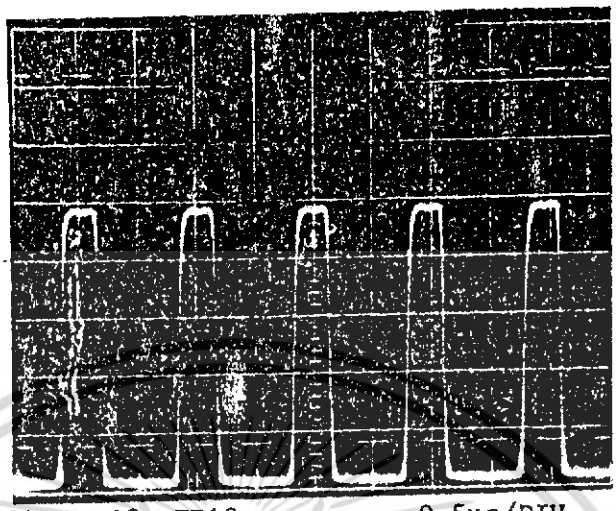


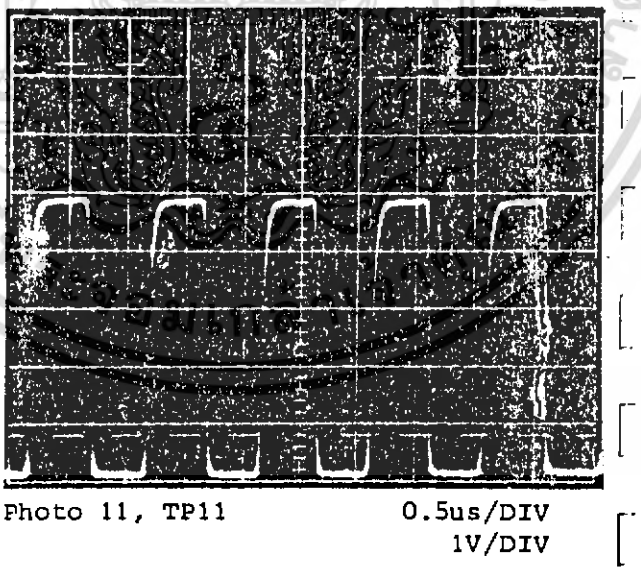
Photo 9, TEST 4, TP24, 0.5s/DIV
1V/DIV

รูปที่ 23 TP 24 คือสัญญาณที่ได้ที่ output stage ที่ scope 0.5 s/DIV 1V/ DIV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

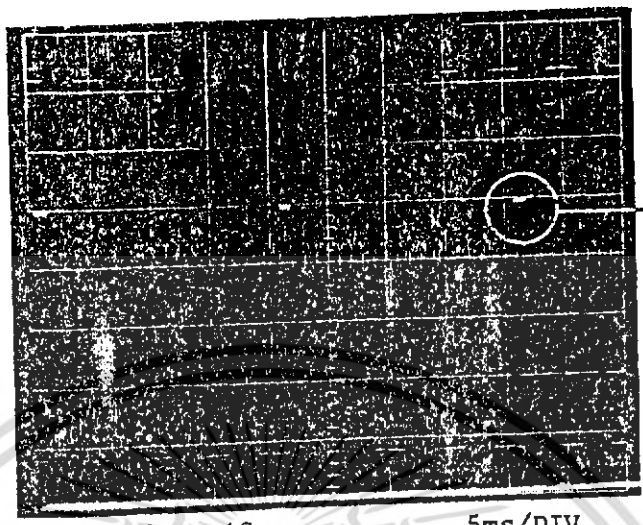


รูปที่ 24 TP 10 คือสัญญาณที่ป้อนให้ chip enable (cs) / latch control (lc) for 8 bit latch

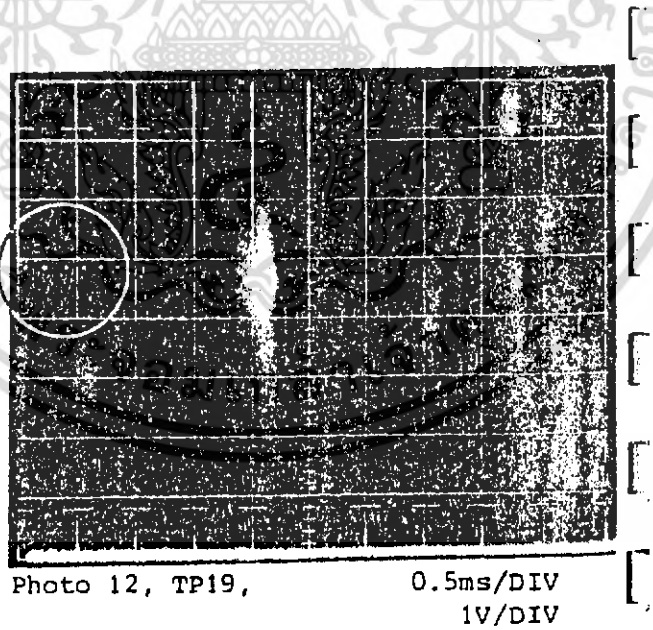


รูปที่ 25 TP 11 คือสัญญาณที่ output enable (OE) ของ E-prom
ที่ scope 5 ms/DIV 1V/DIV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26 TP 19 สัญญาณที่ Start Convertion, ADC (Analog to digital)
Scope ที่ 5 mS/DIV, 1 V/DIV



รูปที่ 27 TP 19 สัญญาณที่ Start Conversion, ADC (Analog to digital)
Scope ที่ 0.5 mS/DIV, 1 V/DIV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

คำอธิบายวงจรภาคต่างๆ

หน้าที่ของอุปกรณ์บางตัว

- 8031 Single-component 8-bit microcomputer

8031 มีหน่วยความจำ 128× 8, 32 I/O, 16 bit timer/counters,

ขาต่างๆของ 8031

VSS - Ground, VCC - 5V

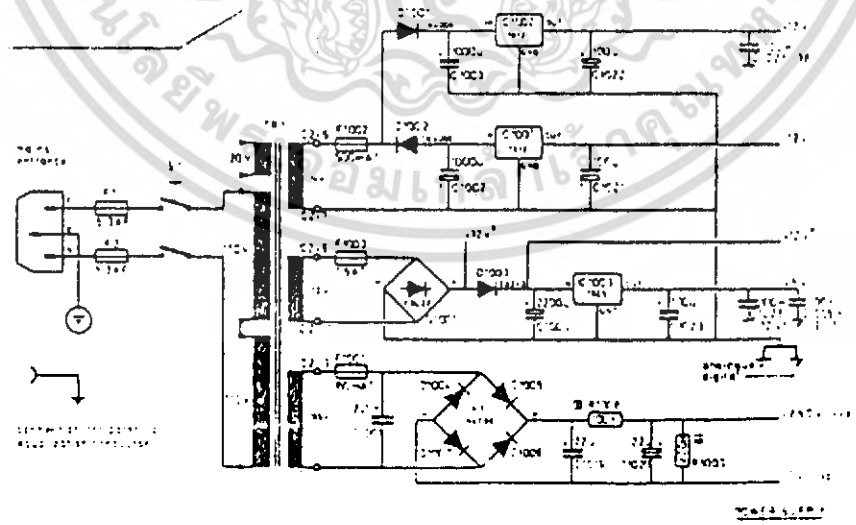
POWER SUPPLY

ฟิวส์ที่ใส่เข้าไป ที่ไฟ 220V ใช้ฟิวส์ 6.3 A (Fast Action G-type) ทรานฟอร์เมอร์ถูกพันแยกขด โดยจะมีขา IC 1001, 2, 3 ควบคุมแรงเคลื่อนให้คงที่ ที่ -12, +12V และ 5V ตามลำดับ

ไฟ -12V, +12V ส่วนใหญ่ใช้ที่ภาค output stage (จ่ายให้ op-amp, Analog multiplexers)

ไฟ 12V ที่ไม่ผ่าน Stabilized 12V ถูกใช้เพื่อ out-put relays และหน่วยแสดงผล เหตุผลคือ เป็น volt ที่มี common grownd

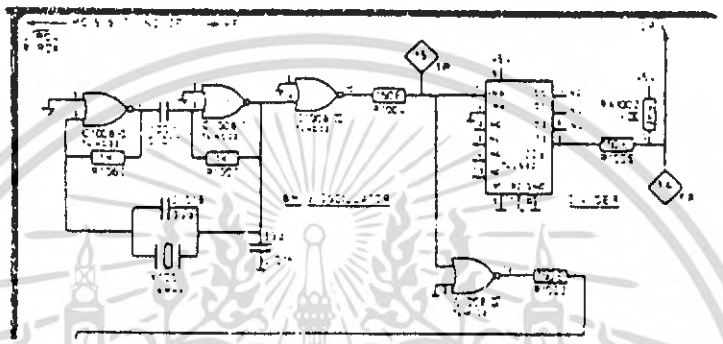
floating voltage ใช้เมื่อ out-put stage ถูกลดให้มี volt 185V หลังจากผ่าน วงจรเรียงกระแส และผ่านวจร filter แล้วจะมี volt ประมาณ 260V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Central oscillator (6MHz) / Divider

วงจรกำเนิดความถี่ 6 MHz ประกอบด้วย 6 MHz Ceramic Filter (X1001) วงจรเลื่อนเฟส [ic 1008 - I, II และมี buffer (ic 1008 - III)] เราสามารถ check ความถี่ได้ที่ Test point ที่ 15 (TP15), เมื่อผ่าน IC 1000-IV ความถี่ 6 MHz ถูกหารด้วย 6 ให้เหลือ 1 MHz แล้วต่อไปยัง ADC (IC 1019) ความถี่นี้สามารถ checked ได้ที่ TP14



Central Control Section (CCS) 8031 μ computer

μ computer จะควบคุมทุกอย่างของ Function การทำงานของเครื่อง μ computer จะถูกต่อทับ E prom เพื่อไปทำงานได้หลายอย่าง เช่น

- ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ด้วยตนเอง " self check" ในการเปิดเครื่องครั้งแรก
- แสดงผลว่ามีสิ่งผิดปกติ "error action" เมื่อตรวจสอบได้ (จะลดกระแสในคนไข้ให้เป็นศูนย์ MA และแสดงผล error message (.....) ที่หน้าจอ
- scan หา ตำแหน่งของปุ่มควบคุม รูป ร่างคลื่นที่ out put current ตลอดเวลา
- control เปลี่ยนสัญญาณจาก digital ไปเป็น analoge
- แสดงการควบคุมไปแสดงผลที่ display / LEDS/ buzza ต่างๆ

ADO- AD7

เป็น 8 bit data input port หรือ 8 -bit address / data output port

A 8-A15

เป็น address output port จะรวมกับ ADO- AD7 เป็น 16- bit address เมื่อต่อขยายหน่วยความจำ

P 1.2 -P 1.7

คือ programmed input line ถูกต่อไปยังสวิตช์หลายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P 1.0

ต่อกับวงจร watchdoge

P 1.1

ต่อกับ display drivor IC 2002

RDX

คือ interrupt input ถูกต่อไปที่วงจรตรวจสอบตามแรงของสัญญาณที่ output

INTO

คือ interrupt input ถูกต่อไปที่ EOC ของ output ADC

INT 1

คือ interrupt input ถูกต่อไปที่ remote control

T 1

คือ input ถูกต่อไปที่ PPI เพื่อตรวจสอบ PPJ

T0

ต่อไปที่ OV เพื่อเป็น test jumper เมื่อดึงออก input จะเป็น "1" และจะลำดับการทำงานของ "test mode"

RST

เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกจะ reset input

XTAL 1,XTAL2

ต่อกับสัญญาณนาฬิกา 2 MHz

ALT

คือ out put เพื่อควบคุม latch กรณีที่ต้องใช้ address เพียง 13-bit

Psen

ถูกต่อไปที่ output Enable (OE) ที่ input ของ Eppom

RD

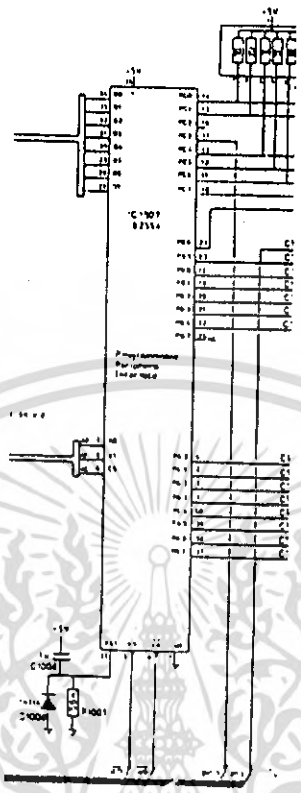
ถูกต่อไปที่ ADC, DAC ,PPI

WR

ถูกต่อไปที่ ADC, DAC, PPI

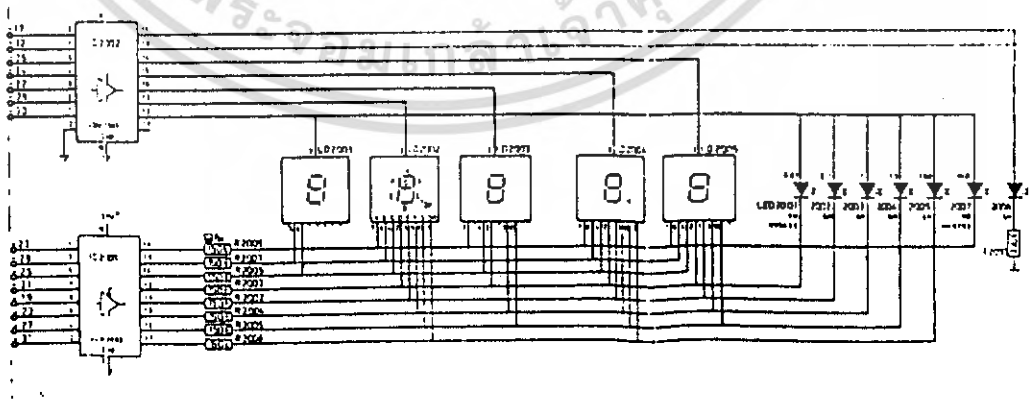
ความสัมพันธ์ระหว่าง output และ input ถูกำหนดโดย program (soft ware) ที่เก็บไว้ใน Eprom

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Display Unit

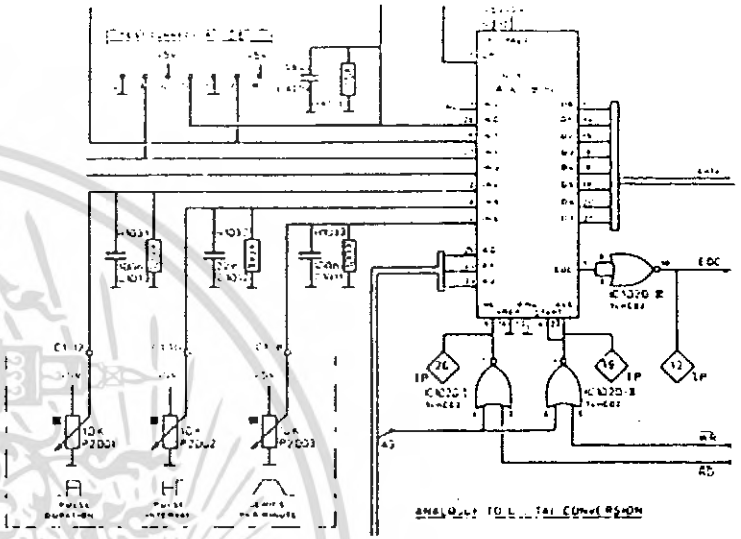
การแสดงผลที่เป็นมิลลิแอมป์และเวลาถูกควบคุมโดย CCS จอแสดงผล และ ต่อ segment ด้วย ไฟ 12 V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input parameters;

IN4	pulse duration				
IN5	pulse interval	0 V - 5 V			
IN6	series interval				
IN3	current mode,	G	5 V	CPid	2.22V
		MF	4.44V		1.66V
		DF	3.88V		1.11V
		LP	3.33V		0.55V
		CP	2.77V		
IN1	remote control	0 V - 2 V			
IN7	intensity control	0 V - 2 V			
IN0	feedback voltage	0 V - 4 V			



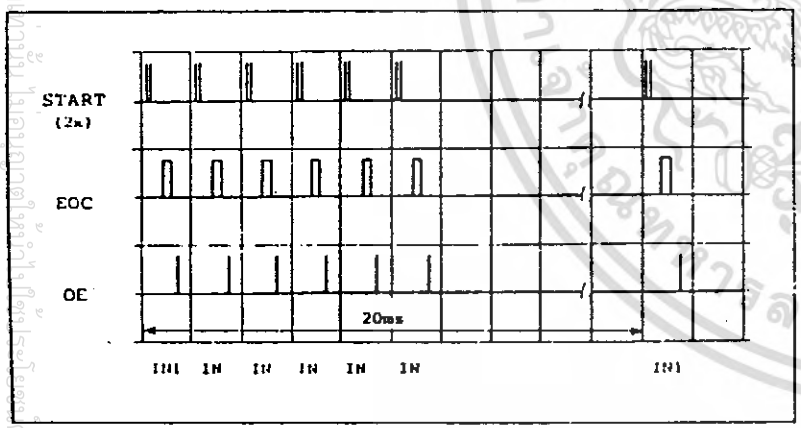


Fig.2 'timing diagram'

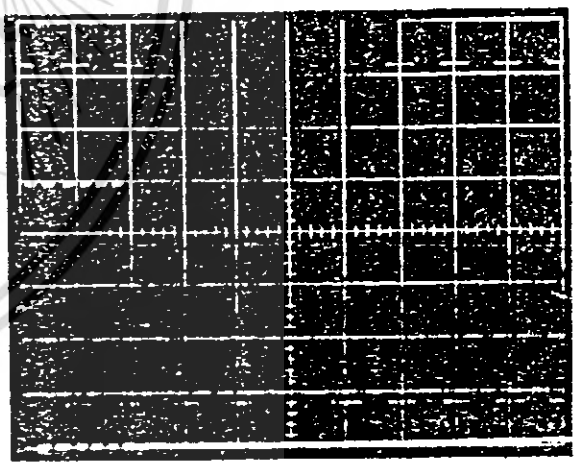
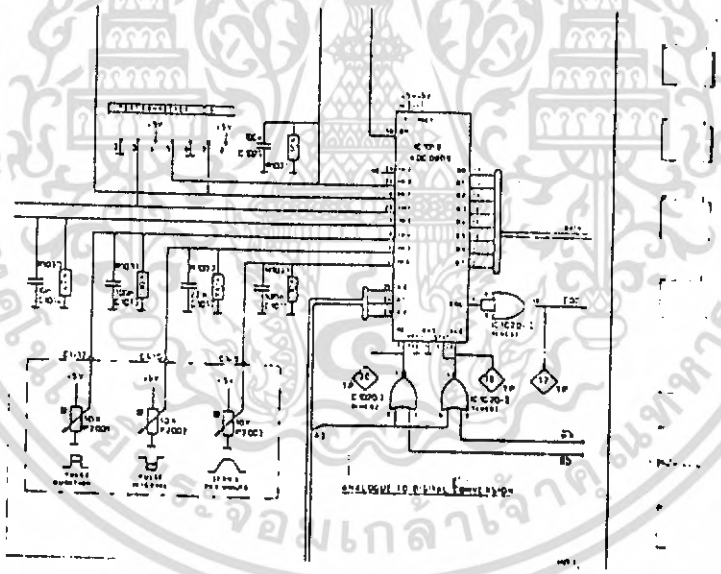


Photo 3, TP12, 'EOC' o.5ms/DIV
1V/DIV

ADC Dfog A/D converter ด้วย 8-Channel multiplexer

ตัวที่กำหนดรูปร่างของสัญญาณ Out put เช่น mode ของกระแส, ช่วง pulse นำ surges ต่อนาทีที่เราต้องการ ถูกเปลี่ยนจาก Analog to digital เพื่อส่งให้ μcom. ประเมินผล ADC ที่ใช้เป็นแบบ "ADC 8-Chennel multiplexer" ที่มี 8 analog inputs ข้อมูลที่ได้จะถูกเลือกและเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล

ในการเลือก analog input จะถูกเลือกด้วยสาย address bus (A0, A1, A2)และมีสาย WR ถูกต่อไปที่ ALE (address latch enable) เป็น input ของ ADC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CCS, EPROM 2764

program ต่างๆ เช่น ชนิดของกระแส, วงจรตรวจสอบตัวเอง, วงจรตรวจสอบหน้าจอ จะถูกเก็บไว้ใน EPROM เบอร์นี้ ตำแหน่งของ PROGRAM จะถูกเลือกโดย μcom. ข้อที่อยู่ในหน่วยความจำ (D0-D7) จะออกมาเมื่อ OE (Out put enable)เป็น " 0 " ควบคุมด้วย PSEN จาก μcom.

สำหรับการเลือกให้ใช้งานได้ 8K bytes (byte = 8 bit) จำนวนของเส้น Address ที่ใช้มี (A0 - A12) ตำแหน่งด้านบน (A8-A12) จะอาศัย out put port ของ μcom. และตำแหน่งล่าง 8 เส้น (A0-A7) จะถูกกเก็บไว้ในวงจร Latch ชั่วคราวก่อน

CCS, 8 - bit Latch local D-type transparent latch

Latch ถูกต่อกับ AD Out put port ของ μcom. Port นี้จะรวมกันระหว่าง Data กับ Adress

ในเวลาสั้นๆ ตำแหน่งสามารถใช้ได้ใน port นี้ จะถูกเก็บเป็น 8 bit - latch ภายใต้การควบคุมของ μ com. ด้วยตัวมันเอง (ALE-LC) หลังจากที่มันทำงานเป็น data input/out put port ตำแหน่งจะผ่านต่อ latch ไปเอง

CCS, 8255 A PROGRAMABLE Pheripheral interface(Input/Oput Port)

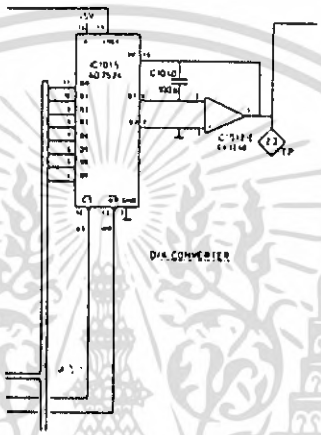
μcom. ส่งสัญญาณ Out put เพื่อแสดงผลหน้าจอ, ไฟ LEDที่ใช้เป็นตัวแสดงผลการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือก I/O Port โดยการใส่ input ที่ A0, A7 และ ทำงา นให้เสร็จด้วย A6 ถูกต่อกับ CS (Chip Select)

AD 7524 D/A converter (DAC)

ข้อมูลดิจิดอลที่ได้มาจาก bus จะเป็น analogue voltage โดย IC 1015 และ IC 1012 โดยถูกเลือกให้ IC 1015 รายงานผ่านขา CS สัญญาณดิจิตอล Amplitude ของสัญญาณทาง output จะเปลี่ยนไปตาม reference voltage ที่ขาที่ 15 reference voltage ก็คือตัวปรับ intennily control



output stage

สัญญาณ analogue voltage จาก DAC จะถูกต่อไปด้านใดด้านหนึ่งของ IC MUX 1017 ซึ่งจะเป็นตัวเลือกว่า คลื่นชนิดไหนจะผ่านวงจร filter บ้าง IC MUX 1017 จะอยู่ภายใต้การควบคุมของ CCS

เมื่อกระแส diadynamic ถูกเลือก สัญญาณจะถูกต่อกับ R 1043,46 และ C 1043 ซึ่งวงจร filter ทำให้สัญญาณเรียบ สัญญาณอื่นจะผ่านโดยไม่ผ่านวงจร filter

P 100I เป็น offset ใน output stage จะสามารถปรับได้ output คือ current source สร้างจาก IC 1012 และ R 1044 รวมกับ R 1042 ให้มี gain ประมาณ -1X voH ที่จ่ายให้ input ของ amplifier จะเปลี่ยนที่ emittor ของ T 1001 ด้วยกระแสที่เหมาะสม (Utp 24/ Remilter) กระแสที่ผ่าน collector คือกระแสที่ผ่านคนไข้จะเท่ากับกระแส emiltor กระแสที่จ่ายให้คนไข้ถูกต่อจากขา collector T1001 โดย RE 1002 สามารถกลับขั้วได้และจะผ่าน HF interference filter

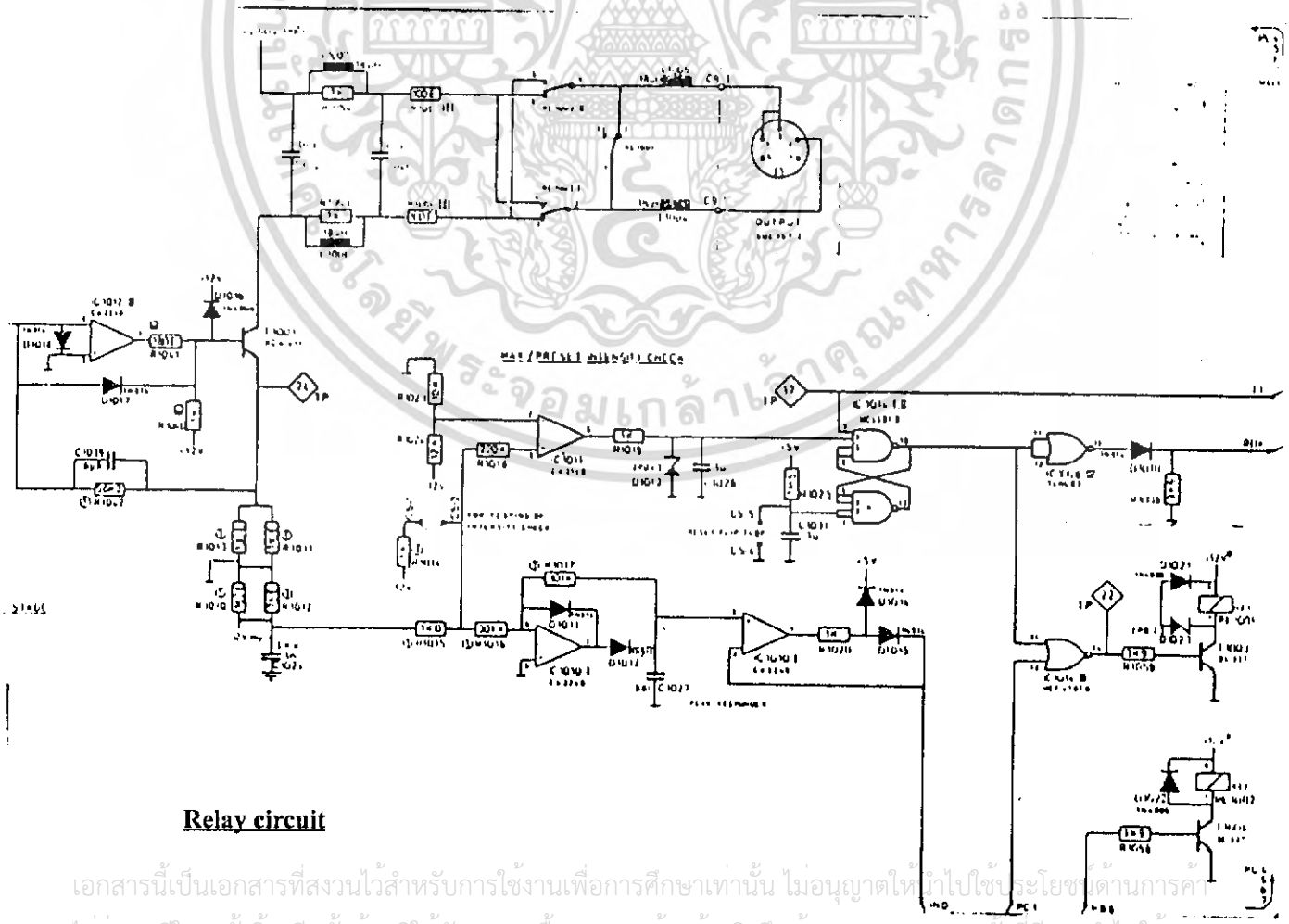
RE 1001 ในวงจรที่จ่ายกระแสให้คนไข้ จะสามารถ short วงจร, P I016 ,17,18 จะป้องกันและควบคุม VOH ที่ผิดปกติไปที่คนไข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

inten sity check circuit

กระแสที่ออก output จาก vpt (260 V) ผ่านผู้ป่วย, T 1001 ,ไปที่ Vp- (0 VOLT) ระบบนี้ไม่ได้ต่อ ground

VOLT ที่ต่อคร่อม R1010/12 (510 ohm) ถูกวัดเป็นข้อมูลของกระแสโดย peak-respondes (ic 101) IC 1010 รวมกับ R 1015,16,17 จาก inverting Amplifier charges ด้วย C 1017 ไฟบวกโวลต์นี้ถูกป้องกันด้วย ic1010- I และ ถูกต่อไปที่ A/D converter ที่ input INO (feed back current info) CCS จะตอบสนองต่อการผิดพลาดเมื่อข้อมูลบอกจาก output เกินกว่า preset intensity อยู่ 10 mA เมื่อกระแส Out put ต่ำกว่า preset intensity จอที่แสดงผลจะกระพริบ preret intensity P1011, 12, 15 จะป้องกันกระแสต่อต้านขั้วที่ผิดปรกติ D 1014 ป้องกันกระแสที่เกินมาก การวัด volt จะต่อไปที่การเช็คด้วยความเข้มสูงสุด "Max intensity check" โดยจะเปรียบเทียบกับ volt ที่เรา fixed ไว้ ที่สร้างจาก R1023, 24 มีค่า -5.45 volt หรือกระแสที่ 105 mAเมื่อกระแสที่จ่ายให้คนไข้เกิน 105 mA ทำให้ volt ที่ตกคร่อม R1012, 15 มากกว่า volt ที่ fixed ไว้ กระแสที่ out put ที่เปรียบเทียบด้วย IC 1011 จะเปลี่ยนขั้วจากบวกไปเป็นลบ จำกัด volt ด้วย P1013 ระหว่าง -0.7 ถึง +4.3 volt ทำให้วงจร flipflop เปลี่ยนเป็น "1" ทำให้ RE 1001 ทำหน้าที่ short circuit



Relay circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

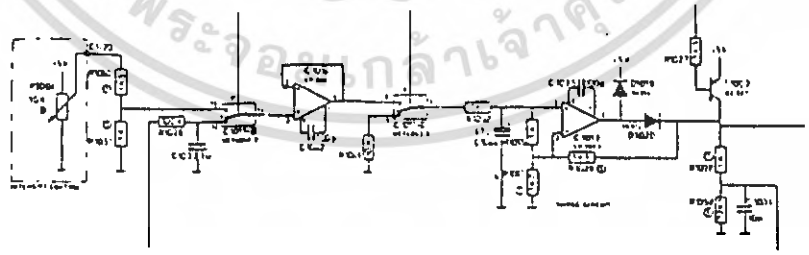
ที่ ขา 12 ของ IC 1014-III จะเป็น "0" และถูกต่อไปที่ NOR-Gate ของ IC I014-III ดังนั้น out put ของ IC 1014 จะเป็น "1" และ Relay ได้รับพลังงาน กระแสที่จ่ายออกที่คนไข้จะเป็นการ Shot วงจร การกลับขั้วจะสั่งงานจาก CCS โดยตรง

Intensity control/Intermity surge circuit

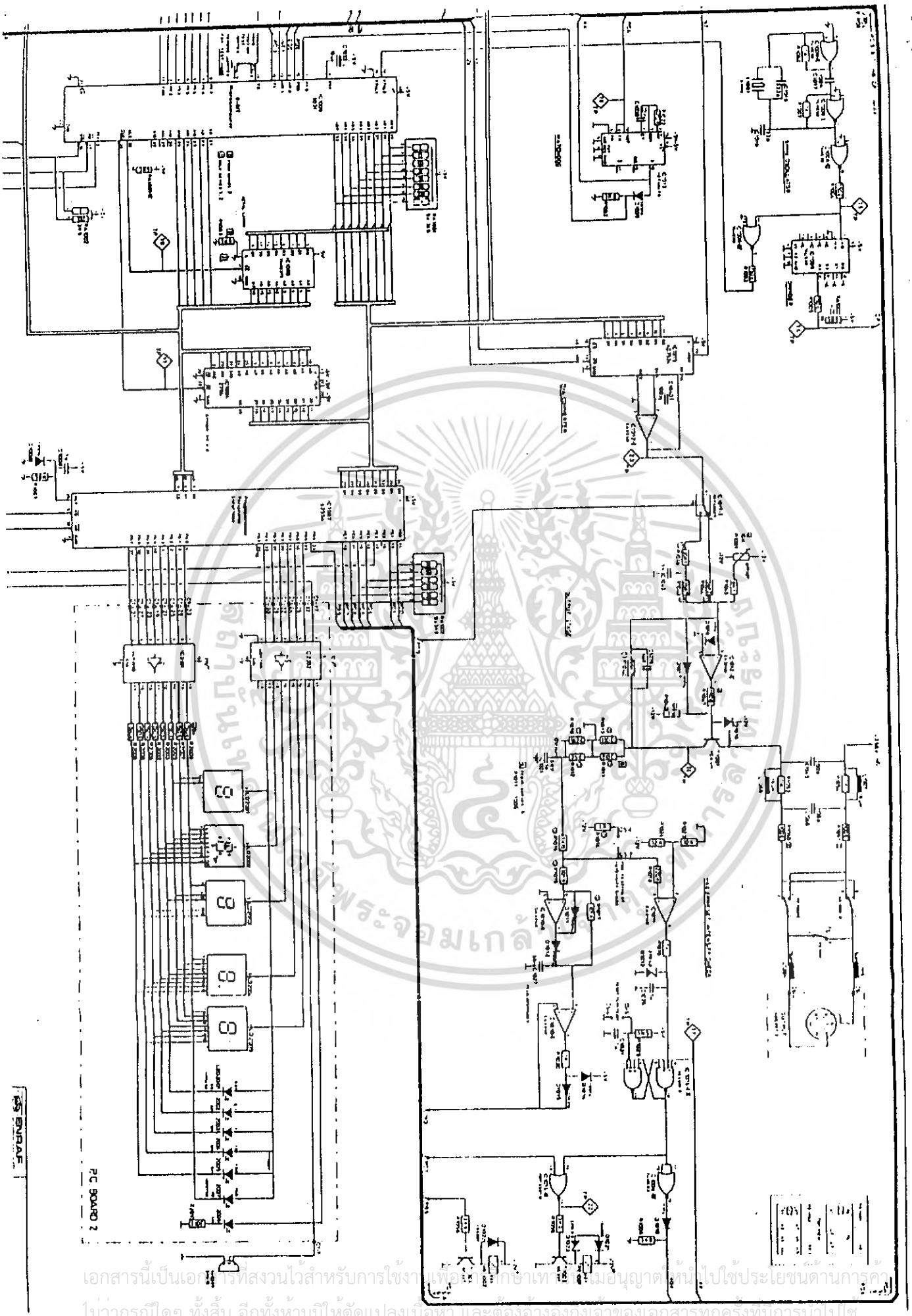
การควบคุมความเข้มข้นของกระแสจะทำได้โดยการปรับที่ P2004 ซึ่งถูกสร้างให้เป็นแบบ logaritmic ด้วย R1050 และ R1051 Volt สูงสุดที่ขา 13 ของ MUX1017-III จะเป็น 2 Volt Volt ที่ได้จาก Remote control MUX ถูกต่อไปที่ขา 12 ของ MUX 1017-III Volt l สูงสุดจะเป็น 2 Volt เหมือนกัน การที่ MUX จะอยู่ที่ตำแหน่งใด มันขึ้นอยู่กับว่าเราได้เสียบ Remote หรือไม่ ถ้ามีการเสียบ Remote control MUX จะอยู่ที่ตำแหน่ง 12 - 14

Voltage ที่ได้จากขาของ MUX จะต่อผ่าน Buffer IC 1016 ไปที่ Surge circuit เมื่อ CCS ตรวจจับความผิดปรกติจะผลิต MUX IC 1017-II ไปที่ตำแหน่ง 5-4, internity control จะไม่ถูกต่อจากวงจร surge แต่วงจร surge จะถูกต่อวงกราวด์ คาปาซิเตอร์ C 1044 จะคายประจุผ่าน R1049,52 เป็นผลทำให้ volt ที่จ่ายให้ ADC ลดลงเป็น 0 mA

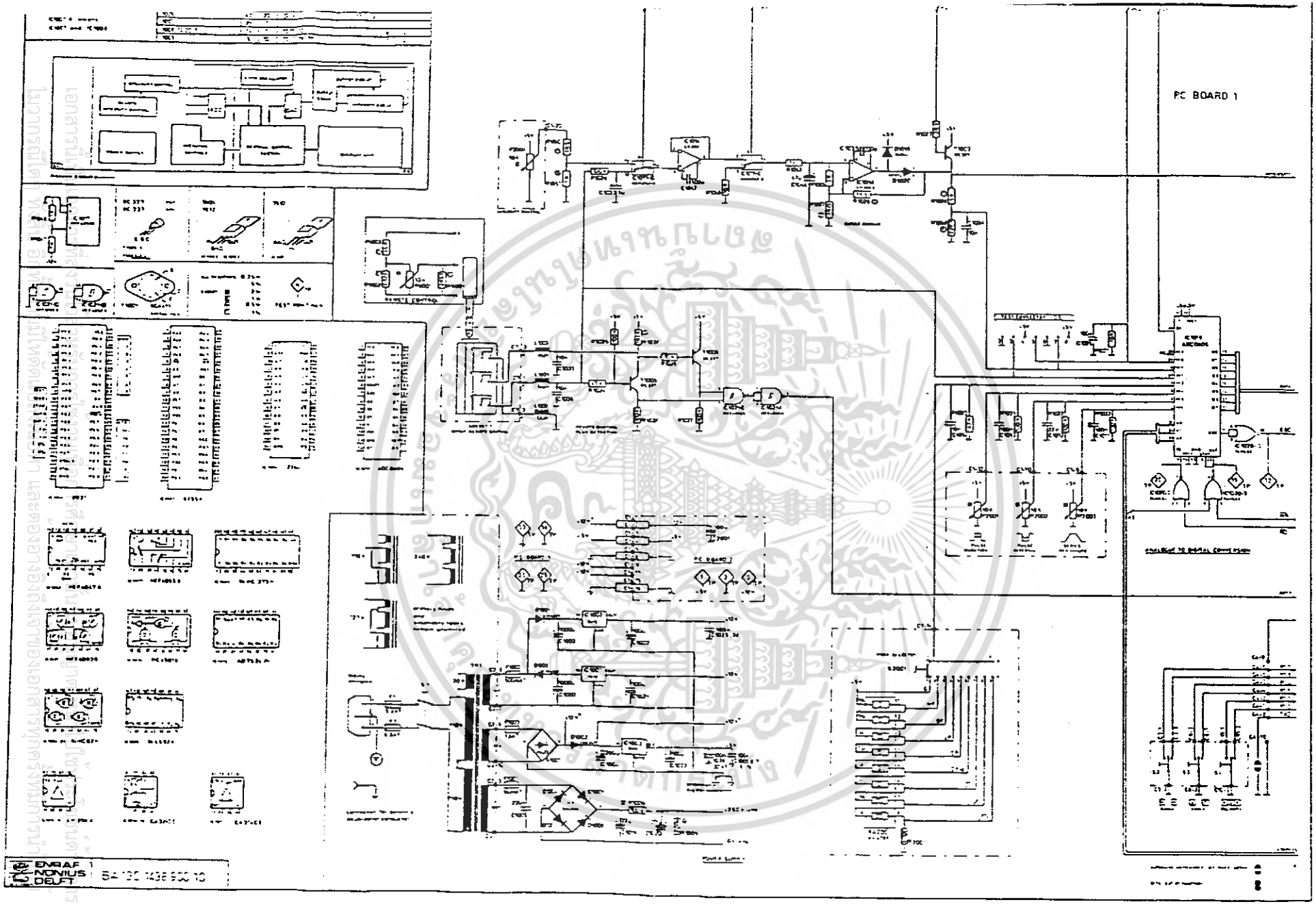
เมื่อเราปิดเครื่อง คาปาซิเตอร์จะคายประจุด้วยตัวมันเองโดยผ่าน R1055,57 T1002 เป็นไปได้ที่จะกระตุ้นด้วยค่าสูงสุดในระหว่างที่วงจร intermity check ทำงานอยู่ Preset intermity ถูกวัดจาก R 1028,58 volt นี้จะใช้ตรวจที่ตำแหน่งของ intermity control เพื่อ reset เครื่องใหม่ให้มีความปลอดภัย volt สูงที่ตำแหน่งนี้คือ 47 V



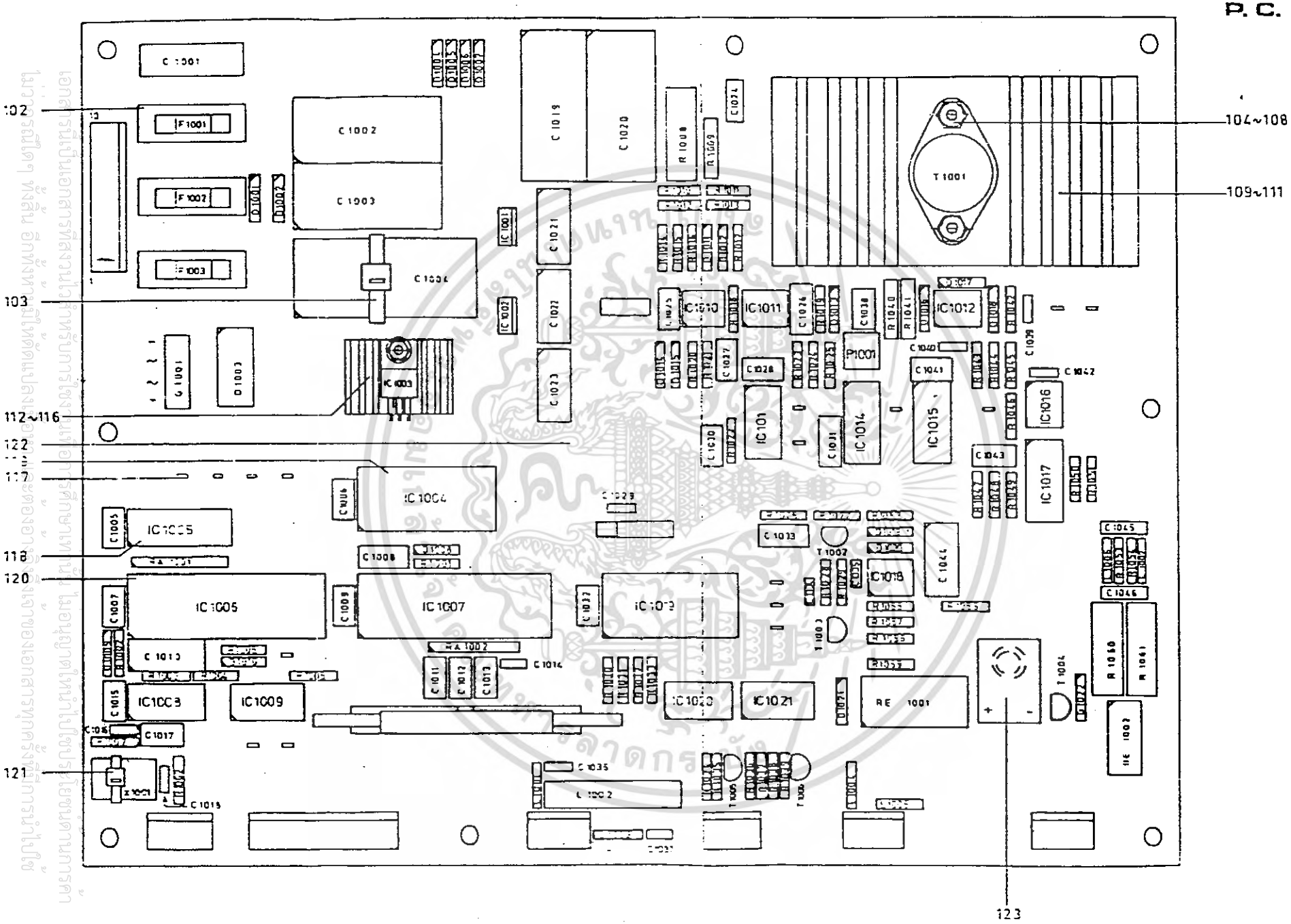
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



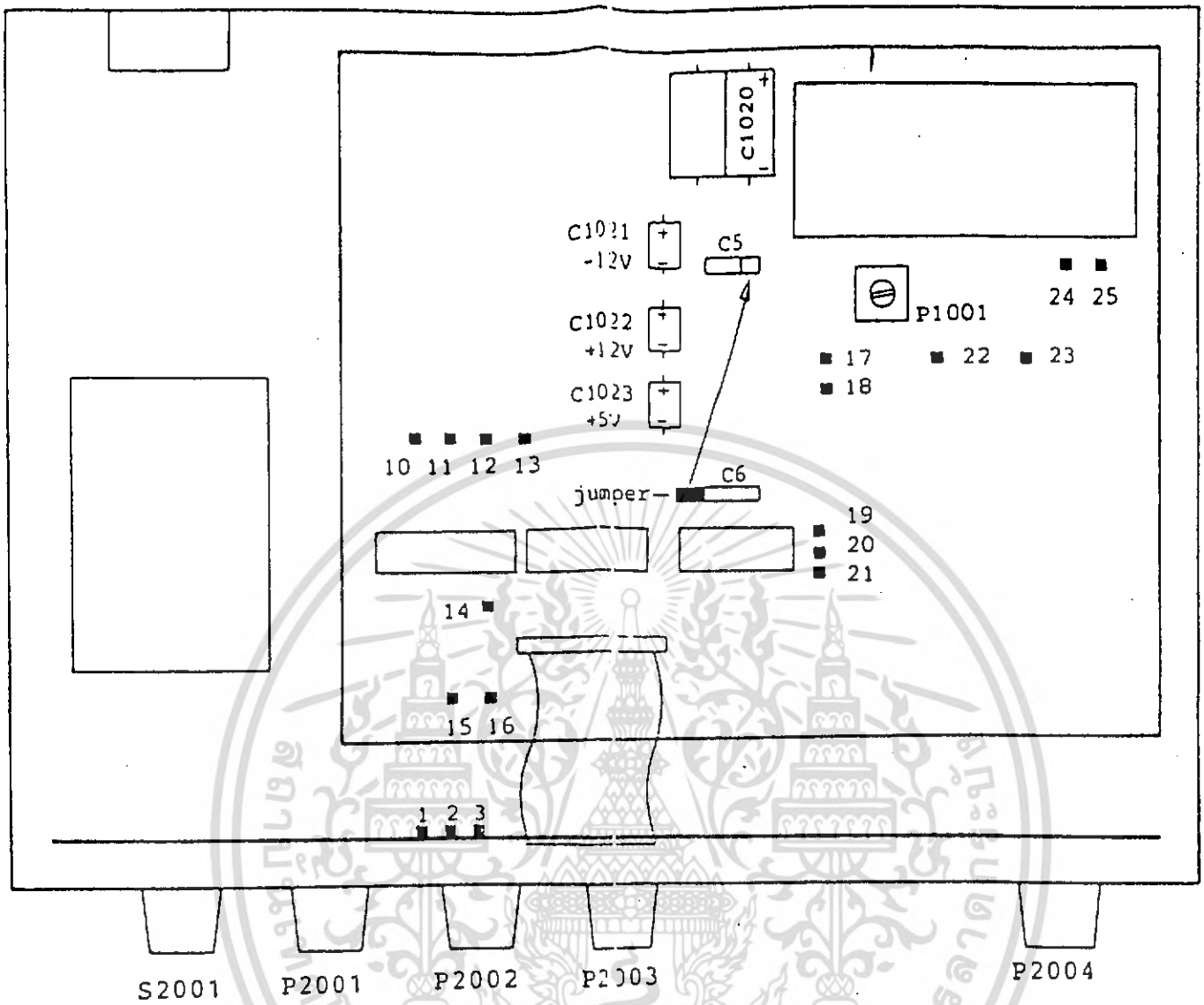
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

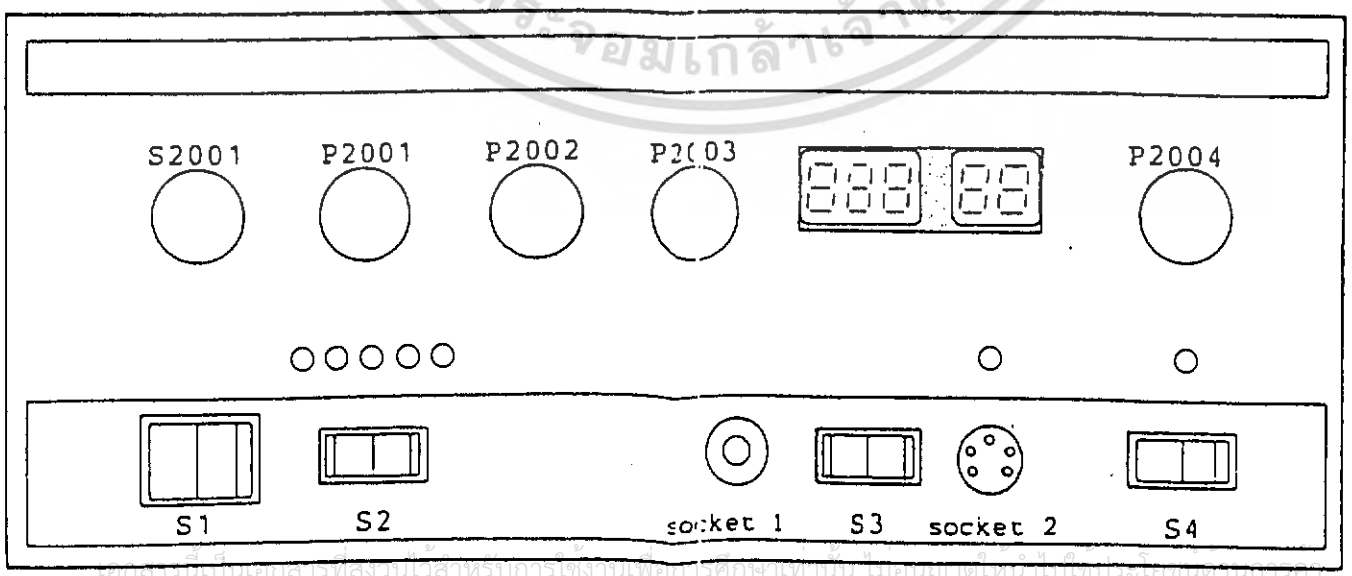

PC BOARD 1
ENRAF
NONIUS
DELFT

P. C. BOARD

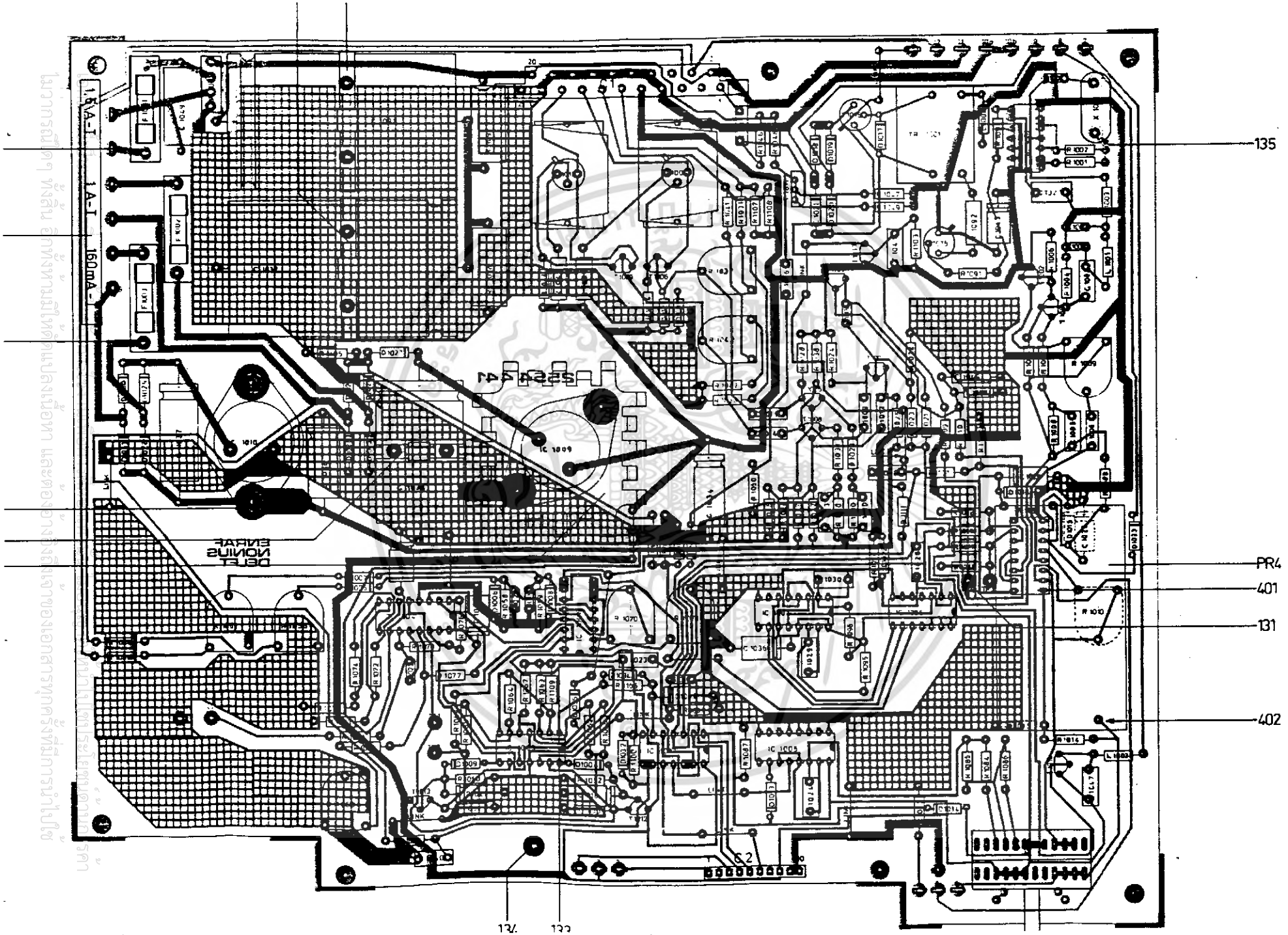

102
103
104~108
109~111
112~116
122
117
118
120
121
123
C 1001
F1001
F1002
F1003
C 1002
C 1003
C 1004
C 1019
C 1020
C 1021
C 1022
C 1023
IC1001
IC1002
IC1003
D1001
D1002
D1003
T1001
IC1010
IC1011
IC1012
P1001
IC101
IC1014
IC1015
IC1016
IC1017
IC1004
IC1005
IC1006
IC1007
IC1008
IC1009
IC1018
IC1021
T1002
RE 1001
C1044
C1045
C1046
R1050
R1051
C1005
C1007
C1008
C1009
C1011
C1012
C1013
C1014
C1015
C1016
C1017
C1018
C1019
C1020
C1021
C1022
C1023
C1030
C1031
C1033
C1035
C1036
C1037
C1038
C1039
C1040
C1041
C1042
C1043
R1040
R1041
R1042
R1043
R1044
R1045
R1046
R1047
R1048
R1049
R1052
R1053
R1054
R1055
R1056
R1057
R1058
R1059
R1060
R1061
R1062
R1063
R1064
R1065
R1066
R1067
R1068
R1069
R1070
R1071
R1072
R1073
R1074
R1075
R1076
R1077
R1078
R1079
R1080
R1081
R1082
R1083
R1084
R1085
R1086
R1087
R1088
R1089
R1090
R1091

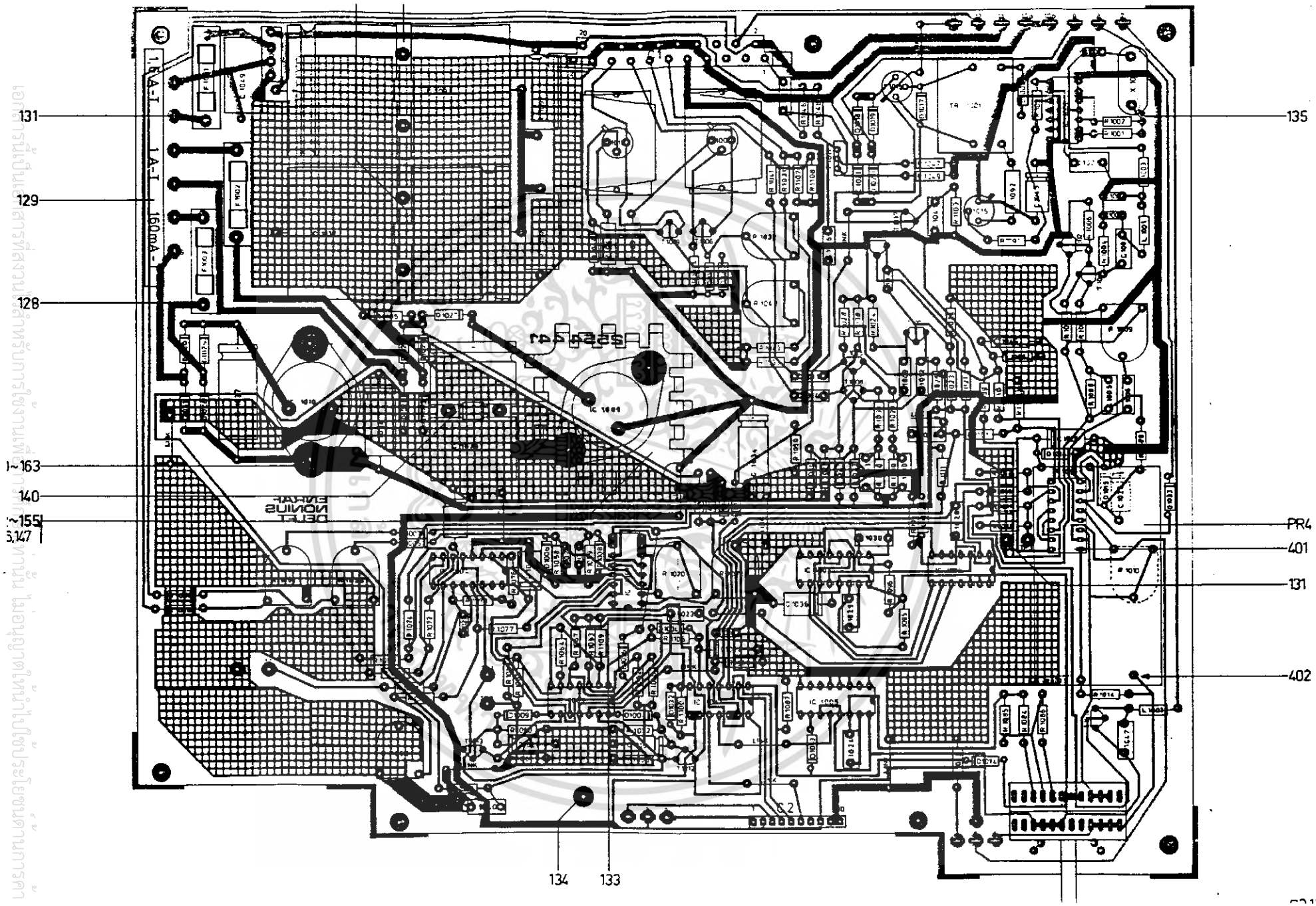
LAY-OUT OF CONTROLS AND SWITCHES

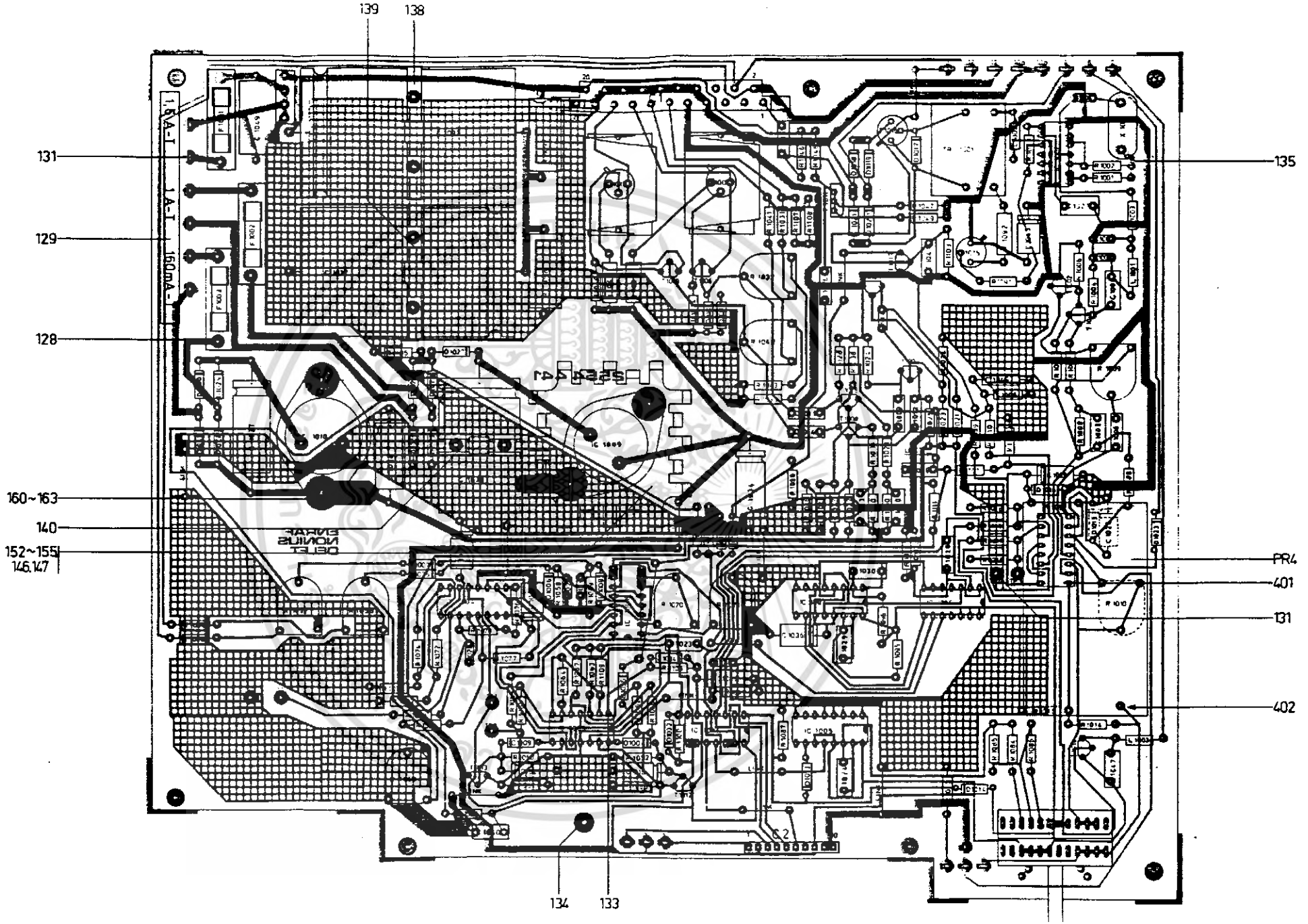


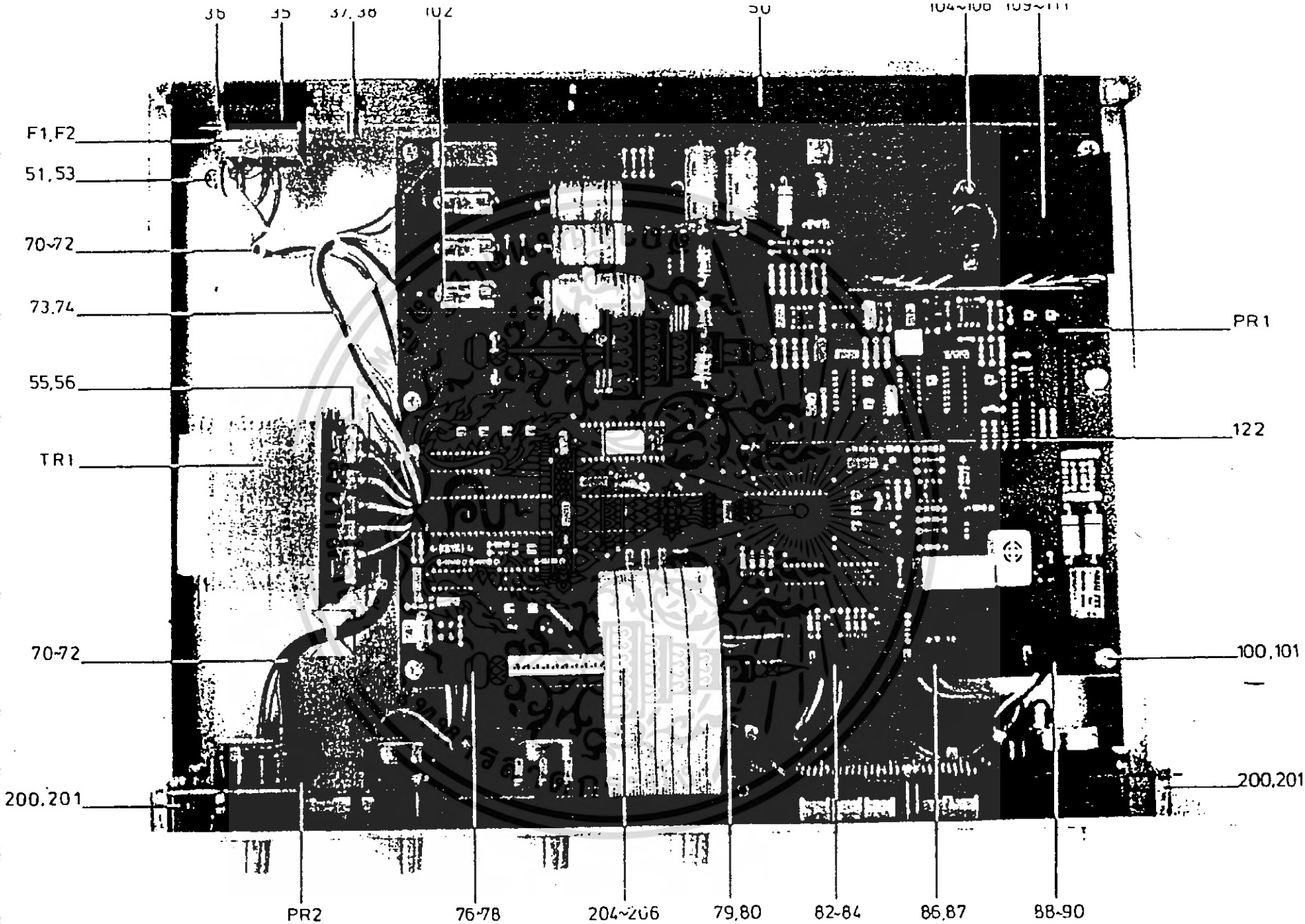


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


135
PR4
401
131
402


131
129
128
~163
140
~155
3,147
135
PR4
401
131
402
134
133


139
138
131
129
128
160~163
140
152~155
146,147
135
PR4
401
131
402
134
133


36
35
37,38
102
50
104~108
109~111
F1,F2
51,53
70~72
73,74
55,56
TR1
70~72
200,201
PR1
122
100,101
200,201
PR2
76~78
204~206
79,80
82~84
86,87
88~90

SPARE PARTS LIST, DYNATRON 438

21.06.84
revised 21.10.86

item	description	ref.no.	electrical data remarks
	DYNATRON 438, complete	1438.901	220V/50-60Hz switch off by timer: NOT ACTIVE
	including accessories	1438.891	(with IEC mains cable)
	DYNATRON 438, complete	1438.902	110V - 60Hz DITO: ACTIVE
	including accessories	1438.892	(with USA mains cable)
	DYNATRON 438, complete	1438.903	127/130V - 60Hz DITO: ACTIVE
	including accessories	1438.892	(with USA mains cable)
	DYNATRON 438, complete	1438.904	220V - 50Hz DITO: ACTIVE
	including accessories	1438.891	(with IEC mains cable)
	DYNATRON 438, complete	1433.905	220V/50-60Hz SEV DITO: ACTIVE
	including accessories	1438.893	(with SEV mains cable)
	DYNATRON 438, complete	1438.906	240V - 50Hz UK DITO: ACTIVE
	including accessories	1438.894	(with UK mains cable)
	DYNATRON 438, exclusive accessories	1438.911	220V/50-60Hz DITO: NOT ACTIVE
	including mains cable	3444.290	I.E.C.
	DYNATRON 438, complete	1438.921	220V/50-60Hz DITO:ACTIVE
	including accessories	1438.891	(with IEC. mains cable)
	* Mains cable	3444.290	220/240V - 50Hz, IEC
	* Mains cable	3444.291	110/130V - 60Hz, USA
	* Mains cable	3444.292	220V/50-60Hz, SEV
	* Mains cable	3444.293	240V - 50Hz, UK
	HOUSING		
1	Housing	0433.298	
	Mounting parts:		
2	Screw, combi (2x), at the rear	2146.603	M4x8
4	Screw, combi (2x), at the bottom	2146.603	M4x25
5	Flat washer (2x)	6076.504	M4
7	Support (4x), at the bottom	2032.051	
8	Pop rivet (4x)	6515.072	
9	Flat washer (4x)	6076.504	M4
10	Cover (2x)	2994.301	instead of grip

* We advise to keep marked items in stock.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

item	description	ref.no.	electrical data remarks
11	* Grip, complete	1433.800	accessorie
12	Mounting materials (pair)	2090.944	
13	Grip	2090.945	
14	Threaded stud (2x)	0433.300	
15	Support (4x), at the rear	2032.053	
	FRONT		
20	Front panel, complete	2079.566	
21	Supporting plate	0165.855	
	Mounting front panel with chassis:		
23	Nut (3x)	6064.004	M4
24	Spring washer (3x)	6083.104	M4
26	* Knob (5x)	2071.159	
27	* Cover (5x)	2071.158	
28	* Pointer (5x)	2071.547	
29	* Locking key (5x)	2071.910	
30	* Bearing box (5x)	2994.302	
S1	* Mains switch	2601.262	
S2	* Range selecting switch	2601.244	
S3	Time setting switch	2601.244	
S4	* Polarity switch	2601.324	
Socket1	Input socket remote control	2524.704	
Socket2	Output socket	2523.266	
31	Supporting plate socket2	0165.856	
32	Nut	6064.004	M4
33	Spring washer	6083.104	M4
34	Flat washer	6076.504	M4
	REAR PANEL		
35	*Mains entrance	2524.156	
36	Screw (2x)	6006.116	M3x10
F1	* Fuse	2655.027	6.3AF
F2	Fuse	2655.027	6.3AF
37	Earth connection	2523.744	M6
38	Spring washer	6087.006	M6
-	Potential equalization conductor	3490.280	1=3m, accessorie
39	Name plate	xxxx.xxx	
40	Warning indication plate	2079.443	self-sticking
	CHASSIS		
50	Chassis	0165.979	
	Safety earth connection:		
51	Screw, combi	2146.603	M4x8
52	Wire, complete (green/yellow)	0165.703	
53	Earth-indicating sticker	2078.415	
TR1	Transformer	2680.816	
55	Screw, combi (4x)	2146.603	M4x8
56	Flat washer (4x)	6076.504	M4
57	Cable tie (2x)	6759.051	

* We advise to keep marked items in stock.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

item	description	ref.no.	electrical data remarks
	CONNECTING CABLES:		
70	Connecting cable, complete	on demand	for mains
71	Faston rec (4x)	2590.406	6.3x0.8
72	Faston rec (2x)	2590.249	
73	Connecting cable, complete	on demand	for transformer (C2)
74	Connector house	2524.642	10p
76	Connecting cable, complete	on demand	for range selestor (C3)
77	Faston rec (3x)	2590.406	6.3x0.8
78	Connecting house	2524.640	4p
79	Connecting cable, complete	on demand	for remote control (C7)
80	Connector house	2524.640	4p
82	Connecting cable, complete	on demand	for timer switch (C8)
83	Faston rec (3x)	2590.401	6.3x0.8
85	Connector house	2524.640	4p
86	Connecting cable, complete	on demand	for output socket (C9)
87	Connector house	2524.640	4p
88	Connecting cable, complete	on demand	for polar. switch (C10)
89	Faston rec (3x)	2590.406	6.3x0.8
90	Connector house	2524.640	4p
	P.C.BOARD 1		
PR1	* Main board, complete	0438.690	
100	Distance holder (8x)	2291.132	length=45mm
101	Screw, combi (8x)	2146.603	M4x8
102	Fuse holder (3x)	2656.053	
103	Cable tie	6759.052	
	Mounting T1001/heatsink		
104	Screw (2x)	6215.055	M4x16
105	Insulation bush TO3 (2x)	2695.190	
106	Insulation plate TO3	2695.123	
107	Spring washer (2x)	6083.104	
108	Nut (2x)	6064.004	M4
109	Heatsink TO3	2564.045	
110	Screw, combi (2x)	2146.603	M4
111	Flat washer (2x)	6076.505	M4
	Mounting ic1003/heatsink		
112	Screw	6215.036	M3x16
113	Washer	0165.721	
114	Spring washer	6083.103	M3
115	Nut	6064.003	M3
116	Heatsink TO220	2564.040	
117	Test points (25x)	2590.037	Faston tab 2.8x0.8
118	ic Socket	2641.555	20p
119	ic Socket (2x)	2641.559	28p
120	ic Socket (2x)	2641.561	40p
121	Cable tie	6759.051	
122	* Jumper	2524.387	
123	* Buzzer	2675.015	8-16VDC

* We advise to keep marked items in stock.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

item	description	ref.no.	electrical data remarks		
C1	Connector, header	0165.724	34p		
C2	Connector, male part	2524.639	10p		
C3	Connector, male part	2524.607	4p		
C4	Connector, test	2524.639	10p		
C5	Connector, test (5p)	2524.656	50p		
C6	Connector, test (6p)	2524.656	50p		
C7	Connector, male part	2524.607	4p		
C8	Connector, male part	2524.607	4p		
C9	Connector, male part	2524.607	4p		
C10	Connector, male part	2524.607	4p		
F1001	* Fuse	2655.167	160mAT		
F1002	* Fuse	2655.172	500mAT		
F1003	* Fuse	2655.177	1.6AT		
X1001	* Ceramic filter	2596.039	6MHz		
G1001	* Bridge rectifier	2562.129	KBL02		
L1001	Coil	2670.059	18uH		
L1002	Coil	2670.111	13uH, 3A		
L1003	Coil	2670.059	18uH		
L1004	Coil	2670.059	18uH		
L1005	Coil	2670.059	18uH		
L1006	Coil	2670.059	18uH		
L1007	Coil	2670.059	18uH		
R1001	Resistor	2713.457	56K	1/4W	5%
R1002	Resistor	2713.345	3K9	1/4W	5%
R1003	Resistor	2713.209	150E	1/4W	5%
R1004	Resistor	2713.209	150E	1/4W	5%
R1005	Resistor	2713.209	150E	1/4W	5%
R1006	Resistor	2713.345	3K9	1/4W	5%
R1007	Resistor	2713.289	1K	1/4W	5%
R1008	Resistor	2704.193	100E	1W	5%
R1009	Resistor	2701.513	220K	1/2W	5%
R1010	Resistor	2803.162	162E	1/4W	1%
R1011	Resistor	2803.110	110E	1/4W	1%
R1012	Resistor	2802.750	75E	1/4W	1%
R1013	Resistor	2803.130	130E	1/4W	1%
R1014	Resistor	2804.100	1K0	1/4W	1%
R1015	Resistor	2804.100	1K0	1/4W	1%
R1016	Resistor	2806.301	301K	1/4W	1%
R1017	Resistor	2806.301	301K	1/4W	1%
R1018	Resistor	2713.513	220K	1/4W	5%
R1019	Resistor	2713.289	1K	1/4W	5%
R1020	Resistor	2713.289	1K	1/4W	5%
R1021	Resistor	2713.385	10K	1/4W	5%
R1022	Resistor	2713.545	470K	1/4W	5%

* We advise to keep marked items in stock.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

item	description	ref.no.	electrical data		remarks
C1005	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1006 ‡	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1007	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1008	Capacitor	2583.601	1u	63V	10%
C1009	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1010	Capacitor	2583.104	10u	25V	
C1011	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1012	Capacitor	2583.421	22n	100V	10%
C1013	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1014	Capacitor	2583.410	10n	63V	
C1015 ‡	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1016	Capacitor	2581.133	33p	100V	2%
C1017	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1018	Capacitor	2581.133	33p	100V	2%
C1019	Capacitor	2538.230	22u	350V	
C1020	Capacitor	2538.230	22u	350V	
C1021	Capacitor	2580.802	100u	25V	
C1022	Capacitor	2580.802	100u	25V	
C1023	Capacitor	2580.802	100u	25V	
C1024	Capacitor	2534.119	1n	3KV	20%
C1025	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1026	Capacitor	2583.601	1u	63V	10%
C1027	Capacitor	2583.461	68n	100V	10%
C1028 ‡	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1029	Capacitor	2581.210	100p	100V	2%
C1030	Capacitor	2583.421	22n	100V	10%
C1031	Capacitor	2583.601	1u	63V	10%
C1032 ‡	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1033	Capacitor	2583.601	1u	63V	10%
C1034	Capacitor	2581.410	10n	63V	
	Capacitor, from series 2	2583.541	470n	63V	
C1035	Capacitor	2581.210	100p	100V	2%
C1036	Capacitor	2581.410	10n	63V	
C1037	Capacitor	2581.410	10n	63V	
C1038 ‡	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1039	Capacitor	2581.068	68p	100V	
C1040	Capacitor	2581.210	100p	100V	2%
C1041	Capacitor	2583.501	100n	100V	10%
C1042	Capacitor	2581.210	100p	100V	2%
C1043	Capacitor	2581.310	1n	100V	10%
C1044	Capacitor	2580.742	47u	25V	
C1045	Capacitor	2533.118	100p	400V	20%
C1046	Capacitor	2533.118	100p	400V	20%
D1001 *	Diode	2563.129	1N4006		
D1002	Diode	2563.129	1N4006		
D1003 *	Diode	2562.126	SB340		
D1004	Diode	2563.129	1N4006		
D1005	Diode	2563.129	1N4006		
D1006	Diode	2563.129	1N4006		
D1007	Diode	2563.129	1N4006		
‡	Capacitor, in series 3	2581.410	10n	100V	10%

* We advise to keep marked items in stock.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

item		description	ref.no.	electrical data remarks
D1008		Diode	2563.095	1N914
D1009	*	Diode	2563.095	1N914
D1010		Diode	2563.095	1N914
D1011		Diode	2563.095	1N914
D1012		Diode	2563.095	1N914
D1013	*	Diode	2562.223	ZPD4.3
D1014		Diode	2563.095	1N914
D1015		Diode	2563.095	1N914
D1016		Diode	2563.129	1N4006
D1017		Diode	2563.095	1N914
D1018		Diode	2563.095	1N914
D1019		Diode	2563.095	1N914
D1020		Diode	2563.095	1N914
D1021		Diode	2563.129	1N4006
D1022		Diode	2563.129	1N4006
T1001	*	Transistor	2562.507	RCA411
T1002	*	Transistor	2562.444	BC327
T1003	*	Transistor	2562.533	BC337
T1004		Transistor	2562.533	BC337
T1005		Transistor	2562.444	BC327
T1006		Transistor	2562.444	BC327
ic1001	*	Integrated circuit	2519.217	7912
ic1002	*	Integrated circuit	2519.216	7812
ic1003	*	Integrated circuit	2519.218	7805
ic1004	*	Integrated circuit, all series *	0438.706	eprom 2764, version 1.6
		Integrated circuit, up to series 4	0438.705	eprom 2764, version 1.5
		Integrated circuit, up to series 2	0438.701	eprom 2764, version 1.1
ic1005	*	Integrated circuit	2521.373	74HC373N
ic1006	*	Integrated circuit	2518.826	P8031
ic1007	*	Integrated circuit	2518.574	8255A
ic1008	*	Integrated circuit	2521.002	74HC02N
	*	Integrated circuit, from series 2	2518.079	74HC02N National/Motorola
ic1009	*	Integrated circuit	2516.092	74LS92N
ic1010	*	Integrated circuit	2519.343	CA3240E
ic1011	*	Integrated circuit	2519.332	CA3140E
ic1012		Integrated circuit	2519.343	CA3240E
ic1013	*	Integrated circuit	2514.047	4047B
ic1014	*	Integrated circuit	2514.501	4501B
ic1015	*	Integrated circuit	2519.518	AD7524JN
ic1016	*	Integrated circuit	2519.362	LM308AN
ic1017	*	Integrated circuit	2514.053	4053B
ic1018		Integrated circuit	2519.362	LM308AN
ic1019	*	Integrated circuit	2518.572	ADC0809
ic1020		Integrated circuit	2521.002	74HC02N
	*	Integrated circuit, from series 2	2518.079	74HC02N National/Motorola
ic1021	*	Integrated circuit	2514.093	4093B
RE1001	*	Relay	2620.718	RE 9 VDC
RE1002	*	Relay	2620.183	RE 12 VDC

* We advise to keep marked items in stock.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

item		description	ref.no.	electrical data remarks
		P.C.BOARD 2		
PR2	*	Display board, complete	0438.680	with flat cable
200		Distance holder (7x)	2291.639	M4, length=13mm
201		Screw, combi (7x)	2146.603	M4x8
202		ic Socket (2x)	2641.526	28p
203		Test point (3x)	2590.037	Faston tab 2.8x0.8
C1,204		Connector, print	2524.718	34p
C1,205		Connector, socket	2524.717	34p
206		Flat cable	7680.026	L=150mm
207		Distance holder LED2001-7 (7x)	2994.072	
S2001	*	Switch	2601.323	1x9U 1D
R2001		Resistor	2713.257	470E 1/4W 5%
R2002		Resistor	2701.241	330E 1/4W 5%
R2003		Resistor	2701.209	150E 1/2W 5%
R2004		Resistor	2701.209	150E 1/2W 5%
R2005		Resistor	2701.209	150E 1/2W 5%
R2006		Resistor	2701.209	150E 1/2W 5%
R2007		Resistor	2701.209	150E 1/2W 5%
R2008		Resistor	2701.209	150E 1/2W 5%
R2009		Resistor	2701.209	150E 1/2W 5%
R2010		Resistor	2701.209	150E 1/2W 5%
RA2001		Resistor array	2520.847	8 x 470
P2001	*	Potentiometer	2639.497	10K 2W 10%
P2002		Potentiometer	2639.497	10K 2W 10%
P2003		Potentiometer	2639.497	10K 2W 10%
P2004		Potentiometer	2639.497	10K 2W 10%
C2001		Capacitor	2580.802	100u 25V
LD2001	*	7-segment display	2562.368	MAN 6660
LD2002		7-segment display	2562.368	MAN 6660
LD2003		7-segment display	2562.368	MAN 6660
LD2004		7-segment display	2562.368	MAN 6660
LD2005		7-segment display	2562.368	MAN 6660
LED2001	*	LED	2562.387	MV 5453 GN
LED2002		LED	2562.387	MV 5453 GN
LED2003		LED	2562.387	MV 5453 GN
LED2004		LED	2562.387	MV 5453 GN
LED2005		LED	2562.387	MV 5453 GN
LED2006		LED	2562.387	MV 5453 GN
LED2007	*	LED	2562.318	MV 5753 RD
ic2001	*	Integrated circuit	2518.077	ULN2803
ic2002	*	Integrated circuit	2518.573	UDN29814 A

* We advise to keep marked items in stock.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

item	description	ref.no.	electrical data remarks
	ACCESSORIES		
	*Remote intensity control, complete	1404.800	
900	Housing	0165.740	
901	Grommet	0779.770	
902	Brace	2994.136	
903	Cable	7600.108	3M 6x0.14
PL9	Plug, male part	2524.810	rendar, 3p 6.3mm
PR9	PC board, complete	2524.444	
904	Screw	6006.015	m3 x 8
905	Spring washer (4x)	6087.003	m3
906	Holding washer (4x)	2147.337	m3
P9001	Potentiometer (P1 on drawing)	2683.469	10K lin
R9001	Resistor (R1 on drawing)	2804.267	2K67 1/4W 1%
R9002	Resistor (R2 on drawing)	2803.432	432E 1/4W 1%
R9003	Resistor (R3 on drawing)	2803.357	357E 1/4W 1%
	Connecting cables		
910	* Electrode cable, complete	3444.273	
PL1	Plug	2524.404	5p, DIN, 270
PL2	Plug, banana	2524.136	red
PL3	Plug, banana	2524.137	black
911	* Connection cable, complete Dynatron 438 - Vacotron 423/436	1436.800	
PL4	Plug	2524,404	5p, DIN, 270
PL5	Plug	2524.404	5p, DIN, 270
912	* Connection cable, complete Dynatron 438 - Sonopuls 417	3444.269	
PL6	Plug	2523.271	T4012/3
PL7	Plug	2524.404	5p, DIN, 270
PL8	Plug, banana	2524.136	red
920	* Point electrode	3444.183	
921	* Rubber pad electrodes (2x set of 2)	1460.265	60x80 cm
922	* Set of 4 sponges	1460.266	
923	* Set of 2 fixing straps	1460.289	30x1200 mm

* We advise to keep market items in stock.

HOW TO ORDER SPARE PARTS

If you want to order spare parts, please mention the name of the apparatus including serial and running number, number of components wanted, electrical data and our reference number.

e.g.

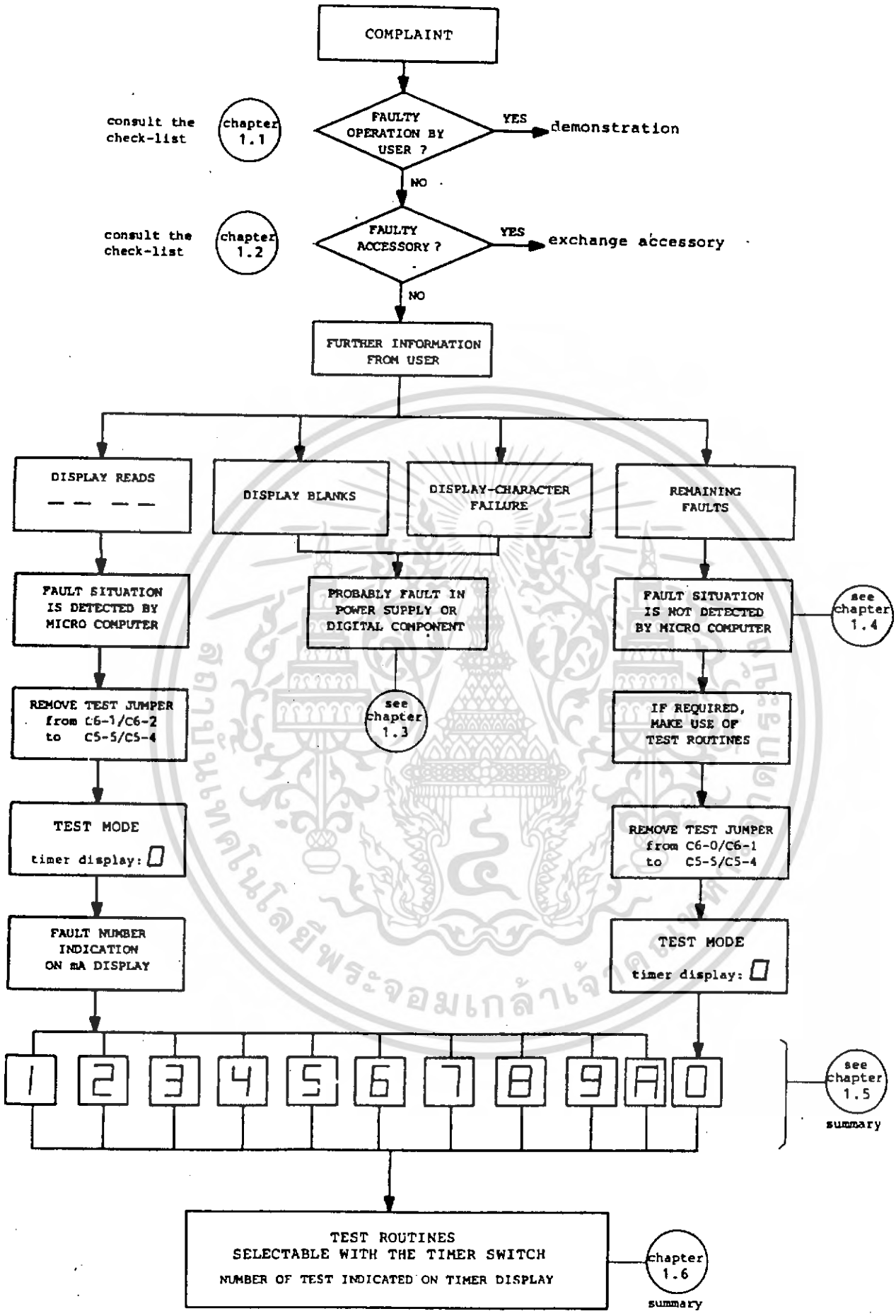
For DYNATRON 438-1-347: 1 mains switch S1, ref.no. 2601.262

By doing so, we can render optimal service in a quick and easy way.

According to approvals and safety standards, always use original components if, for any reason, the unit has to be repaired.

ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TROUBLE SHOOTING PROCEDURE: FLOW CHART



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;=====================================
        CPU     "8051.TBL"
        HOF     "INT8"
;       Equate list from CPU file
P0:             EQU     080H
SP:             EQU     081H
DPL:            EQU     082H
DPH:            EQU     083H
PCON:           EQU     087H
TCON:           EQU     088H
TMOD:           EQU     089H
TL0:            EQU     08AH
TL1:            EQU     08BH
TH0:            EQU     08CH
TH1:            EQU     08DH
P1:             EQU     090H
SCON:           EQU     098H
SBUF:           EQU     099H
P2:             EQU     0A0H
IE:             EQU     0A8H
P3:             EQU     0B0H
IP:             EQU     0B8H
T2CON:          EQU     0C8H
RCAP2L:         EQU     0CAH
RCAP2H:         EQU     0CBH
TL2:            EQU     0CCH
TH2:            EQU     0CDH
PSW:            EQU     0D0H
ACC:            EQU     0E0H
B:              EQU     0F0H

P0.0:           EQU     080H
P0.1:           EQU     081H
P0.2:           EQU     082H
P0.3:           EQU     083H
P0.4:           EQU     084H
P0.5:           EQU     085H
P0.6:           EQU     086H
P0.7:           EQU     087H
IT0:            EQU     088H
IE0:            EQU     089H
IT1:            EQU     08AH
IE1:            EQU     08BH
TR0:            EQU     08CH
TF0:            EQU     08DH
TR1:            EQU     08EH
TF1:            EQU     08FH
P1.0:           EQU     090H
P1.1:           EQU     091H
P1.2:           EQU     092H
P1.3:           EQU     093H
P1.4:           EQU     094H
P1.5:           EQU     095H
P1.6:           EQU     096H
P1.7:           EQU     097H
RI:             EQU     098H
TI:             EQU     099H
RB8:            EQU     09AH
TB8:            EQU     09BH
REN:            EQU     09CH
SM2:            EQU     09DH
SM1:            EQU     09EH
SM0:            EQU     09FH
P2.0:           EQU     0A0H
P2.1:           EQU     0A1H
P2.2:           EQU     0A2H
P2.3:           EQU     0A3H
P2.4:           EQU     0A4H
P2.5:           EQU     0A5H
P2.6:           EQU     0A6H
P2.7:           EQU     0A7H
EX0:            EQU     0A8H
ET0:            EQU     0A9H
EX1:            EQU     0AAH
ET1:            EQU     0ABH
ES:             EQU     0ACH
ET2:            EQU     0ADH
EA:             EQU     0AFH
P3.0:           EQU     0B0H
P3.1:           EQU     0B1H
P3.2:           EQU     0B2H
P3.3:           EQU     0B3H
P3.4:           EQU     0B4H
P3.5:           EQU     0B5H
P3.6:           EQU     0B6H
P3.7:           EQU     0B7H
PX0:            EQU     0B8H
PT0:            EQU     0B9H
PX1:            EQU     0BAH
PT1:            EQU     0BBH
PS:             EQU     0BCH
PT2:            EQU     0BDH
T2CP:           EQU     0C8H
T2C:            EQU     0C9H
TR2:            EQU     0CAH
EXEN2:          EQU     0CBH
TLCK:           EQU     0CCH
RCLK:           EQU     0CDH
EXF2:           EQU     0CEH
TF2:            EQU     0CFH
P:              EQU     0D0H
OV:             EQU     0D2H
RS0:            EQU     0D3H
RS1:            EQU     0D4H
F0:             EQU     0D5H
AC:             EQU     0D6H
CY:             EQU     0D7H
ACC.0:          EQU     0E0H
ACC.1:          EQU     0E1H
ACC.2:          EQU     0E2H
ACC.3:          EQU     0E3H
ACC.4:          EQU     0E4H
ACC.5:          EQU     0E5H
ACC.6:          EQU     0E6H
ACC.7:          EQU     0E7H
B.0:            EQU     0F0H
B.1:            EQU     0F1H
B.2:            EQU     0F2H
B.3:            EQU     0F3H
B.4:            EQU     0F4H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
L0069:  LCALL   L1697
        SJMP    L0071
;
L006E:  LCALL   L0F8B
;
L0071:  JNB     032H,L0071
        CLR     032H
        SJMP    L0057
;
L0078:  CLR     A
        MOV     PSW,A
        MOV     R2,#003H
        MOV     R3,A
        MOV     R4,A
        MOV     R5,A
        MOV     R6,A
        MOV     R7,A
        MOV     R0,#03BH
        MOV     R1,#0DFH
        SETB    RS0
        MOV     R2,#04BH
        MOV     R3,A
        MOV     R4,A
        MOV     R0,#039H
        MOV     R1,#038H
        SETB    RS1
        CLR     RS0
        MOV     R2,A
        MOV     R3,A
        MOV     R5,#01EH
        MOV     R6,A
        MOV     R0,#0DFH
        MOV     R1,#070H
        SETB    RS0
        MOV     R2,A
        MOV     R3,A
        MOV     R4,#019H
        MOV     R7,A
        MOV     R0,#0DFH
        MOV     PSW,A
        MOVX    @R1,A
        MOV     R1,#074H
        MOV     053H,A
        SETB    IT0
        MOV     00DH,A
        MOV     021H,A
        MOV     029H,A
        MOV     02AH,#003H
        MOV     07BH,A
        MOV     073H,#009H
        MOV     07CH,#004H
        MOV     07DH,07CH
        MOV     07FH,#010H
        MOV     030H,A
        MOV     031H,A
        MOV     032H,#000H
        MOV     034H,A
        MOV     049H,#010H
        MOV     04AH,A
        MOV     07EH,#010H
        MOV     050H,#0B9H
        MOV     051H,#006H
        MOV     07AH,#010H
        MOV     035H,#032H
        MOV     078H,A
        MOV     070H,A
        MOV     056H,A
        MOV     030H,A
        MOV     022H,A
        MOV     023H,A
        MOV     024H,A
        MOV     025H,A
        MOV     026H,A
        MOV     027H,A
        MOV     028H,A
        MOV     02EH,A
        CLR     P1.1
        SETB    037H
        SETB    P3.1
        MOV     R0,#03BH
        MOV     R1,#03AH
        MOV     A,#080H
        MOVX    @R0,A
        MOV     A,#0A2H
        MOVX    @R1,A
        MOV     R1,#039H
        MOVX    A,@R1
        SETB    ACC.6
        SETB    03DH
        MOVX    @R1,A
        MOV     A,#004H
        MOVX    @R0,A
        CLR     A
        MOV     IE,#082H
        MOV     IP,#00CH
        MOV     SCON,A
        MOV     SBUF,A
        MOV     TMOD,#011H
        MOV     TCON,#015H
        SETB    EX1
        MOV     TH0,#0FCH
        MOV     TL0,A
        MOV     TH1,A
        MOV     TL1,A
        RET
;
;
L0133:  ACALL   L0154
        ACALL   L01E2
        ACALL   L0165
        ACALL   L02DB
        ACALL   L01F2
        ACALL   L026C
        ACALL   L02FB
        MOV     R1,#075H
        ACALL   L042D
        MOV     075H,A
        MOV     033H,A
        MOV     072H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R3,#000H
        MOV     R2,#003H
        MOV     R1,#070H
        CLR     TR1
        RET
;
;
L0154:  MOV     A,#007H
        MOVX    @R0,A
        JNB     P3.5,L0160
        MOV     A,#006H
        MOVX    @R0,A
        JNB     P3.5,L0164
;
L0160:  SETB    011H
        SETB    040H
;
L0164:  RET
;
;
L0165:  MOV     R3,#004H
;
L0167:  JNB     032H,L0167
        CLR     032H
        DJNZ    R3,L0167
        MOV     A,#009H
        MOVX    @R0,A
        MOV     A,#008H
        MOVX    @R0,A
        MOV     R3,#002H
;
L0176:  JNB     032H,L0176
        CLR     032H
        DJNZ    R3,L0176
        MOV     A,#009H
        MOVX    @R0,A
        MOV     A,#008H
        MOVX    @R0,A
        JNB     P1.0,L0198
        MOV     045H,#001H
        MOV     046H,#09DH
        MOV     TH1,#0D8H
        MOV     TL1,#0EFH
        SETB    ET1
        SETB    TR1
        SJMP    L019C
;
L0198:  SETB    011H
        SETB    041H
;
L019C:  RET
;
        JNB     P1.0,L01AE
        MOV     TH1,#0D8H
        MOV     TL1,#0EFH
        MOV     045H,#001H
        MOV     046H,#0B3H
        SJMP    L01B2
;
L01AE:  SETB    011H
        SETB    041H
;
L01B2:  RETI
;
        JNB     P1.0,L01BC
        SETB    011H
        SETB    041H
        SJMP    L01C8
;
L01BC:  MOV     TH1,#0FDH
        MOV     TL1,#000H
        MOV     045H,#001H
        MOV     046H,#0C9H
;
L01C8:  RETI
;
        MOV     TH1,#0ECH
        MOV     TL1,#077H
        PUSH    ACC
        MOV     A,R0
        PUSH    ACC
        MOV     R0,#03BH
        MOV     A,#009H
        MOVX    @R0,A
        MOV     A,#008H
        MOVX    @R0,A
        POP     ACC
        MOV     R0,A
        POP     ACC
        RETI
;
;
L01E2:  MOV     04EH,#0FFH
        MOV     04FH,#0FFH
        MOV     04DH,#06DH
        MOV     04CH,#0FFH
        MOV     04BH,#0FFH
        RET
;
;
L01F2:  MOV     R1,#072H
        LCALL   L042D
        CJNE    A,#00AH,L01FA
;
L01FA:  JC      L026B
        JB      011H,L026B
        MOV     R1,#0DFH
        CLR     A
        MOVX    @R1,A
        MOV     R0,#03BH
        MOV     A,#00EH
        MOVX    @R0,A
        MOV     R2,#003H
;
L020A:  JNB     032H,L020A
        CLR     032H
        DJNZ    R2,L020A
        MOV     R1,#070H
        LCALL   L042D
        CJNE    A,#004H,L0219
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ทำซ้ำ ดัดแปลง ค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
B.5:            EQU     0F5H
B.6:            EQU     0F6H
B.7:            EQU     0F7H

L01A5:          EQU     001A5H
L1808:          EQU     01808H
L1815:          EQU     01815H
L1831:          EQU     01831H
L1844:          EQU     01844H
L1852:          EQU     01852H
L1856:          EQU     01856H
L185C:          EQU     0185CH
L185D:          EQU     0185DH
L186D:          EQU     0186DH
L1879:          EQU     01879H
L187E:          EQU     0187EH
L1885:          EQU     01885H
L188D:          EQU     0188DH
L1892:          EQU     01892H
L1897:          EQU     01897H
L189D:          EQU     0189DH
L18AF:          EQU     018AFH
L18CD:          EQU     018CDH
L18DF:          EQU     018DFH
L1A07:          EQU     01A07H
L1A0F:          EQU     01A0FH
L1A1D:          EQU     01A1DH
L1B65:          EQU     01B65H
L1C83:          EQU     01C83H
L1C8A:          EQU     01C8AH
L1CB7:          EQU     01CB7H
L1CB9:          EQU     01CB9H
L1CBB:          EQU     01CBBH
L1CBD:          EQU     01CBDH
L1CE2:          EQU     01CE2H
L1D08:          EQU     01D08H
L1D5D:          EQU     01D5DH
L1DA7:          EQU     01DA7H
L1DB5:          EQU     01DB5H
L1DC3:          EQU     01DC3H
L1DDB:          EQU     01DDBH
L1DE4:          EQU     01DE4H
L1E03:          EQU     01E03H
L1E0A:          EQU     01E0AH
L1E1C:          EQU     01E1CH
L1E1D:          EQU     01E1DH
LFAC9:          EQU     0FAC9H

        ORG     00000H

        SJMP    L0047
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        SETB    EA
        LJMP    L17B4

        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        LJMP    L0034

        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        MOV     R7,A
        SETB    EA
        JNB     024H,L0023
        LJMP    L18B5

L0023:  JNB     01EH,L0029
        LJMP    L19B6

L0029:  JNB     026H,L002F
        LJMP    L1ADC

L002F:  PUSH    046H
        PUSH    045H
        RET

L0034:  PUSH    ACC
        MOV     A,R0
        PUSH    ACC
        JNB     019H,L0041
        MOV     R0,#03BH
        MOV     A,#00CH
        MOVX    @R0,A

L0041:  POP     ACC
        MOV     R0,A
        POP     ACC
        RETI

L0047:  MOV     SP,#05AH
        ACALL   L0078
        ACALL   L0133
        JB      P3.4,L0055
        CLR     010H
        SJMP    L0057

L0055:  SETB    010H

L0057:  MOV     R0,#03BH
        MOV     A,#009H
        MOVX    @R0,A
        CLR     ACC.0
        MOVX    @R0,A
        JB      010H,L006E
        JB      021H,L0069
        ACALL   L0327
        SJMP    L0071
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
L0219:  JC      L0226
        SETB    011H
        SETB    070H
        MOV     R0,#03BH
        MOV     A,#00FH
        MOVX    @R0,A
        SJMP    L026B
;
L0226:  MOV     R0,#03BH
        MOV     A,#002H
        MOVX    @R0,A
        MOV     R2,#002H
;
L022D:  JNB     032H,L022D
        CLR     032H
        DJNZ    R2,L022D
        MOV     R0,#070H
        MOV     R1,#0DFH
        MOV     R3,#040H
;
L023A:  MOV     A,#00AH
        MOVX    @R1,A
        CLR     A
        MOVX    @R1,A
        MOV     R2,#0FFH
;
L0241:  NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ    R2,L0241
        DJNZ    R3,L023A
        MOV     A,#00AH
        MOVX    @R1,A
        CLR     A
        MOVX    @R0,A
        MOVX    @R1,A
        MOVX    @R0,A
        MOV     R2,#017H
;
L0253:  DJNZ    R2,L0253
        MOVX    A,@R0
        MOV     070H,A
        MOV     R0,#03BH
        MOV     A,#00FH
        MOVX    @R0,A
        MOV     A,#003H
        MOVX    @R0,A
        MOV     A,070H
        CJNE    A,#005H,L0265
;
L0265:  JC      L026B
        SETB    011H
        SETB    070H
;
L026B:  RET
;
;
```

```
L026C:  JB      011H,L02DA
        MOV     A,#00EH
        MOVX    @R0,A
        MOV     R0,#0DFH
        MOV     R1,#070H
        MOV     A,#0FFH
        MOVX    @R0,A
        MOV     R2,#00FH
;
L027B:  JNB     032H,L027B
        CLR     032H
        DJNZ    R2,L027B
        ACALL   L042D
        MOV     R4,A
        CLR     A
        MOVX    @R0,A
        MOV     A,#00FH
        MOV     R0,#03BH
        MOVX    @R0,A
        MOV     A,R4
        CLR     C
        SUBB    A,#0DCH
        JNC     L0294
        CPL     A
        INC     A
;
L0294:  SUBB    A,#01EH
        JC      L029E
        SETB    011H
        SETB    042H
        SJMP    L02D3
;
L029E:  MOV     R2,#014H
;
L02A0:  JNB     032H,L02A0
        CLR     032H
        DJNZ    R2,L02A0
        MOV     A,#00EH
        MOVX    @R0,A
        MOV     R0,#0DFH
        CLR     A
        MOV     R2,A
        MOV     R3,A
;
L02AF:  MOVX    @R0,A
        ACALL   L042D
        CLR     C
        SUBB    A,R2
        JNC     L02B8
        CPL     A
        INC     A
;
L02B8:  SUBB    A,#00BH
        JC      L02C3
        SETB    011H
        SETB    042H
        SETB    C
        SJMP    L02D1

        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้