เอกสารคำสอน

เรื่อง

ระบบประสาทอัตโนมัติ

AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM

รายวิชา ทพกย 211 มหกายวิภาคศาสตร์บริเวณศีรษะและคอทางทันตแพทยศาสตร์

DTAN 211 Gross anatomy of head and neck in dentistry

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ทวีพงศ์ อารยะพิศิษฐ

ภาควิชากายวิภาคศาสตร์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

แผนการสอน

1. ชื่อเรื่อง ระบบประสาทอัตโนมัติ
   Autonomic Nervous System

2. ชื่ออาจารย์ผู้สอน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ทวีพงศ์ อารยะพิศิษฐ
   ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะทันแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
   โทรศัพท์ 02-200-7801-2
   e-mail: Tawepong.ara@mahidol.ac.th

3. ชื่อรายวิชาและรหัสวิชา ทพกย 211 มหกายวิภาคศาสตร์บริเวณศีรษะและคอทางทันตแพทยศาสตร์
   DTAN 211 Gross anatomy of head and neck in dentistry

4. ชื่อหลักสูตร หลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต

5. วัน-เวลา ที่สอน วันจันทร์ที่ 18 ตุลาคม 2564 เวลา 8:00-9:00 **น.**

6. วัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อให้นักศึกษาสามารถ
   1. อธิบาย เปรียบเทียบ sympathetic nervous system และ parasympathetic nervous system ได้
   2. อธิบาย efferent pathway, sympathetic trunk ของ sympathetic nervous system ได้
   3. อธิบาย efferent pathway ของ parasympathetic nervous system ได้
   4. อธิบาย plexus of ANS และ Afferent pathway of ANS ได้

7. เนื้อหาเรื่อง
   1. Introduction
   2. Sympathetic Nervous System
   3. Efferent sympathetic pathway
      - sympathetic ganglion
      - nerve fiber of sympathetic trunk
      - fiber of distribution

- accompanying nerve
- accompanying blood vessel
- direct visceral branch

- sympathetic trunk
  - cervical part
  - thoracic part
  - lumbar part
  - pelvic part
- branches of distribution from the sympathetic trunk

4. วิธีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียน	5 นาที
2. บรรยายในชั้นเรียน	40 นาที
ซัก-ถามและให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นในระหว่างการบรรยาย	10 นาที
3. ให้นักศึกษาซัก-ถาม	5 นาที

5. สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารคำสอน
2. อุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ (เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายทอดสัญญาณผ่านคอมพิวเตอร์)
3. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Power Point ประกอบการบรรยาย

6. การวัดผลการเรียนรู้ วัดผลนักศึกษาจากความสามารถ

1. อธิบาย เปรียบเทียบ sympathetic nervous system และ parasympathetic nervous system ได้
2. อธิบาย efferent pathway, sympathetic trunk ของ sympathetic nervous system ได้
3. อธิบาย efferent pathway ของ parasympathetic nervous system ได้
4. อธิบาย plexus of ANS และ Afferent pathway of ANS ได้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ทวีพงศ์ อารยะพิศิษฐ

ตัวชี้วัด เกณฑ์ และวิธีการ

1. เกณฑ์การวัดผลและประเมินผลเป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย โดยมีการกำหนดสัญลักษณ์ A, B+, B, C+, D+, D และ F
2. สัดส่วนคะแนนในการประเมิน
    1. การสอบข้อเขียน (ปรนัย/อัตนัย) ร้อยละ 49
    2. การสอบข้อเขียนในภาคปฏิบัติการ ร้อยละ 29
    3. บันทึกการแสดงพฤติกรรมในการฝึกปฏิบัติการ ร้อยละ 5
    4. ผลงานการปฏิบัติการ ร้อยละ 7
    5. รายงานรายบุคคล ร้อยละ 5
    6. รายงานกลุ่ม ร้อยละ 5

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ทวีพงศ์ อารยะพิศิษฐ

AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM

NERVOUS SYSTEM อาจแบ่งออกได้เป็น

1. Central nervous system (CNS) ประกอบด้วย brain และ spinal cord.
2. Peripheral nervous system (PNS) ประกอบด้วย
    - Cranial nerves 12 คู่
    - Spinal nerves 31 คู่
    - Autonomic nervous system (ANS)
        - Sympathetic nervous system
        - Parasympathetic nervous system

AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM (ANS)

ANS มี synonyms ตาม functional expression เป็น

- Involuntary nervous system หรือ
- Vegetative nervous system หรือ
- General visceral efferent system (GVE)

Efferent pathway ของ ANS ประกอบด้วย neuron 2 ชนิด (two-neuron chain).

1. Preganglionic neuron (first order neuron) มี cell body (และ dendrite) อยู่ภายในระบบประสาทกลาง (CNS). Cell process (peripheral process) ทอดร่วมไปกับ peripheral nerve ไปสิ้นสุดโดย synapse กับ postganglionic neuron.

2. Postganglionic neuron (second order neuron) มี cell body อยู่ใน autonomic ganglion อยู่นอก CNS และมี unmyelinated axon (peripheral process) ไปสิ้นสุดที่ effector cell.

Effector cell ของ ANS มี 3 ชนิด

- smooth muscle cell
- cardiac (heart) muscle cell
- glandular (secretory) cell

ANS แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ

1. Sympathetic nervous system (thoracolumbar division of ANS).
2. Parasympathetic nervous system (craniosacral division of ANS).

การทำงานของ ANS ส่วนใหญ่ทั้ง 2 ระบบทำงานผสมผสานกัน (integrate) เพื่อให้ร่างกายอยู่ในสภาวะ homeostasis ซึ่งอาจทำหน้าที่ตรงกันข้าม (antagonistic type) คือระบบหนึ่งทำหน้าที่กระตุ้น (excitatory) อีกระบบทำหน้าที่ยับยั้ง (inhibitory) ตัวอย่างเช่น หัวใจถูกกระตุ้นด้วยระบบ sympathetic ให้เต้นเร็วขึ้นและถูกยับยั้งด้วยระบบ parasympathetic ให้เต้นช้าลง บางแห่งทั้ง 2 ระบบทำหน้าที่เหมือนกันคือกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบหดตัวแต่กระตุ้นกล้ามเนื้อคนละชุดกัน (reciprocal type) ตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อของม่านตากลุ่ม dilator pupillae ควบคุมโดย sympathetic ทำให้รูม่านตาขยายใหญ่ขึ้น และกลุ่ม sphincter pupillae ควบคุมโดยระบบ parasympathetic ทำให้รูม่านตาเล็กลง นอกจากบางแห่งที่ควบคุมโดยระบบใดระบบหนึ่งเพียงระบบเดียวของ ANS (on-off type) อย่างเช่นขนาดของหลอดเลือดควบคุมโดยระบบ sympathetic.

Sympathetic nervous system

เป็นระบบใหญ่มาก และมีการกระจายกว้างกว่าระบบ parasympathetic ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของต่อมเหงื่อ กล้ามเนื้อขนลุก (arrector pili muscle) กล้ามเนื้อของผนังหลอดเลือด หัวใจ ปอด และอวัยวะภายในอื่น ๆ.

Efferent sympathetic pathway

Preganglionic fiber ของ sympathetic system เป็นชนิด splanchnic (visceral) efferent fiber. ซึ่งโผล่ออกมาจาก spinal cord ระหว่างระดับ T_1- L_2 (หรือ L_3). Efferent fiber เหล่านี้ตั้งต้นมาจาก preganglionic neuron ใน lateral gray column ของ spinal cord. ผ่านออกทาง ventral nerve root ไปจนถึง ventral ramus ของ spinal nerve ที่เกี่ยวข้อง. Fiber เหล่านี้แยกออกจาก ventral ramus เป็น white ramus communicans (เป็น medullated fiber) เข้าไปสู่ ganglionated sympathetic trunk.

Preganglionic fiber สิ้นสุดที่ postganglionic neuron (ใน ganglion ของ sympathetic trunk. หรือใน gangliated plexus ที่เกี่ยวข้องกับ trunk) และ preganglionic fiber หนึ่งเส้นอาจ synapse กับ postganglionic neuron หลายกลุ่มเป็นเหตุให้มี sympathetic effect กระจายกว้างขวาง.

Fiber ดังกล่าวที่ออกจาก thoracolumbar segment ของ spinal cord จะทอดต่อขึ้นบนและลงล่างตลอดความยาวของ vertebral column รวบรวมกันเป็น sympathetic trunk และมีกลุ่มของ neuron เรียก ganglion อยู่เป็นระยะ ๆ.

Sympathetic ganglion ประกอบด้วย

1. Paravertebral (central) ganglion ganglia เหล่านี้โยงกันไว้ด้วย cord สั้น ๆ (intergang-lionic ramus) ซึ่งเกิดขึ้นจาก ascending และ descending fiber ด้วยเหตุนี้จึงเกิดเป็น ganglionated

sympathetic trunk ขึ้น 2 ข้าง vertebral column. Sympathetic trunk แต่ละข้าง มี ganglia จำนวน 21 หรือ 22 อัน.

- Cervical part มี 3 ganglia
- Thoracic part มี 10 หรือ 11 ganglia
- Lumbar part มี 4 ganglia
- Sacral part มี 4 ganglia

ที่ปลายล่างของ trunk ทั้งสองจะเชื่อมกันด้วย communicating strand หรือรวมกันเป็น ganglion เดียวตรงกลาง หน้าต่อ coccyx เรียก ganglion impar.

ปลายบนของแต่ละ trunk ทอดต่อเข้าสู่ cranial cavity โดย form เป็น nerve plexus รอบ internal carotid artery และแขนงของมันและมีส่วนสัมพันธ์กับ cranial nerve บางเส้น.

ตลอดความยาวของ sympathetic trunk ไม่มีการ communication ระหว่าง trunk 2 ข้างยกเว้นปลายล่าง (caudal end) ของ trunk อาจมีการติดต่อถึงกันบ้าง.

2. Prevertebral (collateral) ganglia พบสัมพันธ์อยู่กับ prevertebral plexus ขนาดใหญ่ของ thorax และ abdomen เรียงตัวกระจายกันมากกว่า paravertebral ganglion. Ganglion เหล่านี้ไม่มีลักษณะเป็น segment. แต่เมื่อรับ fiber มาแล้วจะกระจายไปเลี้ยงแต่ละอวัยวะหรือกลุ่มของอวัยวะที่มีความสัมพันธ์กันทางสรีรวิทยา. (สำหรับ terminal ganglion ที่พบอยู่นอกหรืออยู่ในผนังของอวัยวะภายในจัดเป็น ganglion ของ parasympathetic system).

Nerve fiber

Nerve fiberใน sympathetic trunk มีทั้งชนิด medullated (myelinated) และ nonmedullated (non-myelinated) ประกอบด้วย

- พวก preganglionic fiber ที่โยงระหว่าง CNS กับ sympathetic trunk เป็น medullated fiber และมีขนาดเล็กกว่า somatic efferent fiber.
- Fiber ที่ตั้งต้นมาจาก nerve cell ใน sympathetic ganglia เรียก postganglionic fiber.

โดยทั่วไปเป็นชนิด nonmedullated หรือ medullated ขนาดเล็กมากหรืออาจพบบางส่วนเป็น medullated. และบางส่วนเป็น nonmedullated.

- นอกจาก efferent fiber ดังกล่าวข้างต้น ยังมีพวก medullated และ nonmedullated afferent fiber ซึ่งพบได้ใน ramus communicans, ใน interganglionic ramus และในแขนงต่าง ๆ ที่แยกจาก sympathetic trunk.

White ramus communicans

พวกนี้เป็น ramus communicans ที่แท้จริง เพราะ efferent fiber ของมันติดต่อระหว่าง CNS กับ sympathetic system.

White ramus ประกอบด้วย medullated fiber ขนาดเล็ก ตั้งต้นมาจาก ventral ramus ของ spinal nerve ระดับ T_1 - L_2 (หรือ L_3).

Fiber ของ white ramus มีส่วนประกอบที่สำคัญเป็นพวก efferent (preganglionic fiber). และมีบางส่วนเป็น splanchnic afferent ด้วย. พวก efferent fiber ใน white ramus จะผ่านออกจาก CNS ทาง ventral root. ส่วน afferent fiber เข้าสู่ CNS ทาง dorsal root ของ spinal nerve.

Fiber ขนาดเล็กใน ventral root ที่เป็น axon ของ nerve cell ใน lateral grey column ของ spinal cord. หลังจากที่ทอดออกจาก ventral root, ventral ramus และ white ramus communicans แล้ว fiber พวกนี้ส่วนใหญ่จะสิ้นสุดรอบ ๆ เซลล์ใน sympathetic ganglia. และจัดเป็น preganglionic fiber ของ sympathetic system ซึ่งจะสิ้นสุดได้ 3 แบบด้วยกันคือ

1. อาจสิ้นสุดใน ganglion ที่อยู่ใกล้กับ ramus.
2. อาจทอดขึ้นบนหรือลงล่างไปสู่ ganglion ระดับอื่น.
3. อาจผ่านเลย sympathetic trunk ไปสิ้นสุดที่ nerve cell ของ collateral ganglion ที่สัมพันธ์กัน.

Interganglion ramus of the trunk เป็น ramus ที่โยงระหว่าง paravertebral ganglion พวกที่ประกอบด้วย white และ grey fibers โยงติดต่อระหว่าง ganglion.

พวก white fiber ประกอบด้วย

- Splanchnic efferent fiber ที่ทอดผ่านขึ้นบนหรือลงล่าง. ไปสู่ ganglion ที่อยู่เหนือหรือต่ำกว่าตำแหน่งที่มันทอดเข้า sympathetic trunk.
- Splanchnic afferent fiber ผ่านไปตาม connecting cord และ ganglion ไปสู่ dorsal nerve root และ spinal cord.

พวก grey fiber เป็น axon ของ sympathetic ganglion cell (เป็น postganglionic fiber) ที่ทอดผ่านขึ้นหรือลงตาม sympathetic trunk ก่อนที่มันจะแยกจาก trunk ไปสู่ target organ.

Fibers of distribution

Fiber ออกจาก sympathetic trunk ได้ 3 ทาง คือ

1. ทอดร่วมไปกับ spinal nerve (grey ramus communicans) หรือ cranial nerve บางเส้น.
2. ทอดร่วมไปกับ blood vessel.
3. แยกเป็น visceral branch โดยตรง.

Accompanying nerve

Fiber ของ sympathetic trunk ที่ทอดร่วมไปกับ nerve อื่น เป็น postganglionic fiber ที่เป็นแขนงมาจาก nerve cell ของ paravertebral ganglion.

ที่บริเวณศีรษะ fiber แบบนี้บางแขนงทอดร่วมไปกับ cranial nerve บางเส้นแล้วกระจายไปตามแขนงของ cranial nerve นั้น. โดยทำหน้าที่เป็น vasomotor, pilomotor และ sudomotor fibers.

Fiber ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะกระจายไปกับ spinal nerve และ form เป็นแขนงของ sympathetic trunk ที่เรียกว่า grey ramus communicans. (ความจริง grey ramus communicans ไม่มีส่วนติดต่อกับ CNS เหมือนอย่าง white ramus communicans และที่แตกต่างจาก white ramus อีกอย่าง คือองค์ประกอบของ grey ramus ส่วนใหญ่เป็น non-medullated fiber และมี fiber บางส่วนเป็น medullated ขนาดเล็ก).

Grey ramus โยงติดต่อระหว่าง sympathetic trunk กับ spinal nerve ทุกเส้น (ส่วน white ramus พบเฉพาะ T_1 - L_2) และการเรียงตัวของมันไม่เป็นระเบียบอาจจะมาจาก ganglion หรือมาจาก interganglionic ramus และอาจจะมีมากกว่าหนึ่งเส้นทอดไปกับ spinal nerve เส้นเดียวกันที่อยู่ใกล้เคียง. ดังนั้น spinal nerve เส้นหนึ่งอาจได้รับ ramus จาก ganglion หลายอัน.

บริเวณ thoracolumbar region ที่มีทั้ง white และ grey rami โดย grey ramus ทอดเข้าสู่ spinal nerve ในตำแหน่งที่อยู่ proximal กว่า white ramus.

Accompanying blood vessel

เป็นแขนงที่แยกออกจากส่วนต่าง ๆ ของ sympathetic trunk แล้วเข้าไปสัมพันธ์อยู่กับ blood vesselใกล้เคียง. ทอดไปตาม blood vessel โดย form เป็น plexus รอบ ๆ blood vessel เหล่านั้น (perivascular plexus). และไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ตามแขนงของหลอดเลือด. Fiber ชนิดนี้เป็น postganglionic axon ของ splanchnic efferent cell ใน paravertebral ganglion.

Direct visceral branch

จากแต่ละระดับของ sympathetic trunk คือ cervical, thoracic, lumbar และ sacral. จะแยกให้แขนงออกไปสู่ viscera โดยผ่าน plexus เสียก่อน visceral branch จาก trunk เหล่านี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย preganglionic fiber ซึ่งจะไป synapse กับ postganglionic neuron ที่กระจายกันอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบตาม visceral branch และ plexus.

ถ้า postganglionic cell รวมตัวกันอยู่เป็นกลุ่มใหญ่จนสามารถ dissect ได้. Ganglion นั้นจะมีชื่อเรียกเช่น coeliac ganglion, mesenteric ganglion เป็นต้น. แต่ต้องเข้าใจให้ชัดเจนว่ามี ganglion cell กระจายอยู่ตาม visceral branch นั้น ก่อนที่มันจะผ่านไปถึง plexus. ดังนั้น เรียกการจัดตัวดังกล่าวนี้ว่า **"diffuse gangliated plexus"**.

Preganglionic fiber synapse กับ postganglionic neuron ตาม pathway ของ direct visceral branch, และทางเดินช่วงสุดท้ายของ postganglionic fiber ที่ไปสู่ viscera มักเป็นชนิด perivascular nerve.

Visceral branch ดังกล่าวทั้งหมดนี้จะมี splanchnic afferent fiber ทอดร่วมไปด้วย. ซึ่ง fiber ส่วนใหญ่เป็นชนิด medullated ผ่านเข้า CNS. โดยผ่าน plexus, sympathetic trunk, ramus communicans และ dorsal nerve root. สำหรับ cell body ของ splanchnic afferent fiber เหล่านี้เป็นชนิด unipolar neuron. อยู่ใน spinal ganglion และมี central process ไปสิ้นสุดใน gray matter ของ spinal cord.

SYMPATHETIC TRUNK

Cervical part of Sympathetic Trunk

Sympathetic trunk ในบริเวณคอ นับเป็นส่วนยื่นต่อขึ้นไปของ thoracic part. และได้รับ preganglionic fiber ทั้งหมดจาก thoracic part.

ช่วงนี้ของ trunk ไม่มี white ramus communicans

โดย development แล้ว cervical part ประกอบด้วย ganglion เรียงตัวเป็น segment. แต่ต่อมามี fusion กัน ทำให้จำนวน ganglion แต่ละข้างลดเหลือ 3 อันคือ superior, middle และ inferior cervical ganglia.

Cervical part ของ trunk วางอยู่บน prevertebral muscle และหลังต่อ carotid vessels. ประกอบด้วย strand ของ fiber ที่มีทั้ง medullated และ nonmedullated โยงระหว่าง ganglia ทั้งสาม.

ทาง superior มันติดต่อเข้าสู่ cranium โดยทอดร่วมไปกับแขนงของ internal carotid artery ทางinferior ติดต่อกับ thoracic part ที่ทอดลงสู่ thorax.

Superior cervical ganglion

เป็น fusiform shape ยาวประมาณ 2-5 ซม. วางอยู่หลังต่อ internal carotid artery, internal jugular vein และ cranial nerve 4 คู่สุดท้าย ปลายบนของ ganglion อยู่ลึกต่อ posterior belly ของ digastric muscle ปลายล่างอยู่ประมาณระดับ angle of jaw.

Ganglion นี้เกิดจากการรวมกันของ upper 4 cervical segmental ganglia.

Middle cervical ganglion

มีขนาดเล็กที่สุดและ vary ได้มากที่สุด อาจสังเกตเห็นไม่ได้. อาจมีบางส่วนรวมเข้ากับ inferior ganglion หรือรวมทั้งหมด.

เป็น ganglion ที่เกิดจากการรวมกันของ cervical segmental ganglia ที่ 5 และ ที่ 6.

มีตำแหน่งปกติอยู่ชิดกับ inferior thyroid artery ช่วงที่ artery ผ่านไปหลัง common carotid trunk (ตรงกับระดับ transverse process ของ C.V. 6).

Cervicothoracic ganglion (stellate ganglion)

รูปร่างไม่แน่นอน มีขนาดใหญ่กว่า middle cervical ganglion มักเกิดจากการรวมตัวของ cervical segmental ganglia 2 อันล่างกับ thoracic ganglion 2 อันแรก (หรืออันที่ 1 และ 2) บางครั้งพบเฉพาะ cervical ganglion 2 อันล่างรวมกันโดยไม่มี thoracic ganglion เรียก inferior cervical ganglion.

Ganglion นี้อยู่ lateral ต่อ lateral border ของ longus colli muscle ระหว่าง base of transverse process ของ C.V. 7 กับ neck of first rib และหลังต่อ vertebral artery และ vein.

Thoracic part of sympathetic trunk

Part นี้อยู่หลังต่อ pleura และหน้าต่อ intercostal vessels ช่วงบน อยู่หน้าต่อ neck of rib. ช่วงกลางอยู่หน้าต่อ costovertebral joint และช่วงล่างอยู่ข้าง ๆ vertebrae. ทั้งนี้เนื่องจาก thoracic vertebrae ชิ้นล่าง ๆ มีขนาดกว้างขึ้น ปลายล่างของ thoracic part ติดต่อกับ lumbar part บริเวณหลังต่อ medial arcuate ligament.

Ganglion ช่วงนี้แต่ละข้างมีจำนวน 10 หรือ 11 อัน แต่ thoracic ganglion อันแรกและ ganglion บางอันอาจ fuse รวมกับ ganglion ข้างเคียงทำให้จำนวนลดลง ganglion เหล่านี้เชื่อมกันด้วย interganglionic ramus. Thoracic part ได้รับ fiber ส่วนใหญ่เป็น preganglionic fiber ที่โผล่ออกมาจาก spinal cord. Thoracic nerve แต่ละเส้นส่ง white ramus ไปสู่ sympathetic trunk. มีบาง fiber ทอดขึ้นบนเพื่อเป็น preganglionic fiber สู่ cervical part ของ trunk และ fiber บางส่วนทอดลงไปรวมกับ lumbar nerve ที่ 1 และ 2 เป็น preganglionic fiber ไปสู่ lower lumbar และ sacral parts.

Preganglionic fiber สำหรับบริเวณ head and neck ออกจาก spinal cord ระดับ T_1 - T_2 ทอดผ่านทาง white ramus communicans ไปสู่ sympathetic trunk แล้วทอดไปใน cervical part ของ trunk ขึ้นไป synapse กับ superior cervical ganglion.

หัวใจได้รับ sympathetic efferent fiber จากระดับ T_1 - T_4 (หรือ 5) ทอดตาม cervical sympathetic trunk ขึ้นไปสู่ cervical ganglion ทั้งสามแล้ว ganglion เหล่านี้จะให้แขนงลงไปสู่ cardiac plexus. นอกจากนี้ยังมี cardiac branch โดยตรงแยกจาก thoracic sympathetic trunk ไปสู่ cardiac plexus. สำหรับ splanchnic afferent fiber จากหัวใจจะทอดไปตาม middle cervical, inferior cervical และ thoracic cardiac nerves เข้าสู่ spinal cord ระดับ T_2 - T_5.

หลอดเลือดและอวัยวะต่าง ๆ ในช่องท้องรับ preganglionic fiber จาก lower half ของ thoracic spinal cord. สำหรับ preganglionic fiber ที่ไปเลี้ยงอวัยวะในช่องเชิงกราน (pelvic viscera) มาจาก upper lumbar nerve.

Upper limb มี preganglionic fiber จาก cord ระดับ T_3 - T_7 เข้าไป synapse ใน first thoracic และ thoracocervical ganglia (อาจ synapse ใน middle cervical ganglion ด้วย).

Preganglionic fiber ที่ไปเลี้ยง lower limb มาจากระดับ T_{10} - L_2 ไป synapse ใน ganglion ที่อยู่บริเวณ L_3 - S_3 ของ sympathetic trunk.

Lumbar part of sympathetic trunk

Sympathetic trunk ใน abdomen อยู่หน้าต่อ body ของ lumbar vertebrae และ medial ต่อ psoas muscle ข้างขวาอยู่หลังต่อ IVC. ข้างซ้ายอยู่หลังต่อ aortic lymph node ปลายล่างของ lumbar part อยู่หลังต่อ common iliac vessels และติดต่อกับ pelvic part.

Lumbar sympathetic trunk มี ganglion จำนวนไม่แน่นอน ปกติแต่ละข้างมี 4 อัน รับ white ramus communicans จาก L_1 - L_2 (หรือ 3) และมักมี grey ramus ปะปนอยู่ในช่วงนี้ พบ ganglion ขนาดเล็ก เรียก intermediate ganglion ระหว่าง spinal nerve กับ sympathetic trunk (ซึ่งพบได้บริเวณ lumbar และ cervical regions).

Pelvic part of sympathetic trunk

Pelvic sympathetic trunk อยู่บน pelvic surface ของ sacrum และ coccyx, medial ต่อ anterior sacral foramen.

ตอนล่างสุดของ sympathetic trunk ทั้งสอง. สิ้นสุดโดยบางครั้งประสานกัน ทอดข้ามกระดูกชิ้นสุดท้ายของ sacrum และ coccyx บางครั้งรวมกันเป็น ganglion เดียว เรียก ganglion impar อยู่หน้าต่อ coccyx หรือบางครั้งอาจสิ้นสุดเป็นอิสระจากกัน.

โดยปกติ sacral part แต่ละข้างมี 4 ganglia และมีขนาดเล็กลงจากบนลงล่าง.

BRANCHES OF DISTRIBUTION FROM THE SYMPATHETIC TRUNK

การกระจายของแขนงจาก sympathetic trunk ก็มีได้ 3 แบบดังกล่าวมาแล้วคือ

1. Accompanying nerve
2. Accompanying blood vessel
3. Direct visceral branch

แต่ละส่วนของ trunk (cervical, thoracic, lumbar และ pelvic part) มี fiber กระจายออกไปทั้ง 3 แบบ

Branches from cervical part of sympathetic trunk

- Branch of superior cervical ganglion.

1. Lateral branch เป็น grey ramus communicans ไปยัง C_1 - C_4 และ CN บาง เส้น (CN, IX, X, XII).

2. Medial branch

- Laryngopharyngeal branch ไป carotid body และ form pharyngeal plexus ร่วมกับ CN IX และ X.

- Cardiac branch ไป form cardiac plexus.

3. Anterior branch เป็น perivascular plexus ร่วมไปกับ internal และ external carotid artery รวมทั้งแขนงของมัน.

- Branch of middle cervical ganglion.

- Thyroid branch ไปตาม inferior thyroid artery สู่ thyroid และ parathyroid gland.

- Cardiac branch.

- Grey ramus communicans เข้าสู่ C_4 - C_5.

- Branch of inferior cervical ganglion.

- Grey ramus communicans เข้าสู่ C_7 - T_1.

- Branch to subclavian and vertebral arteries.

- Cardiac branch.

Branches from thoracic part of sympathetic trunk

1. Ramus communicans มีทั้ง white และ grey rami สัมพันธ์กับ thoracic nerve โดย grey ramus อยู่ proximal กว่า white ramus.

2. Medial branch จาก upper 5 ganglia.

- ร่วมไปกับ thoracic aorta และแขนงของมัน.

- ร่วมไปกับ pulmonary และ cardiac nerve สู่ trachea และ esophagus.

- Direct visceral branch สู่ pulmonary และ cardiac plexuses.

3. Medial branch จาก lower 7 ganglia.

- Greater splanchnic nerve จาก ganglia ที่ 5-9 หรือ 10.

- Lesser splanchnic nerve จาก ganglia ที่ 9-10 หรือ 10-11.

- Lowest splanchnic nerve จาก last thoracic ganglion.

Branches from lumbar part of sympathetic trunk

1. Ramus communicans มีทั้ง white และ grey rami.
2. Lumbar splanchnic nerve จาก lumbar ganglion ไปยัง coeliac, intermesenteric และ superior hypogastric plexus.
3. Vascular branch.

Branches from pelvic part of sympathetic trunk

1. Grey ramus communicans (ไม่มี white ramus) เข้าสู่ sacral และ coccygeal nerve.
2. Medial branch เป็น direct visceral branch สู่ inferior hypogastric plexus (pelvic plexus) และ sacral plexus.
3. Vascular branch ไปตาม median sacral artery และแขนงของมัน.

Parasympathetic nervous system

Parasympathetic nervous system (craniosacral division of ANS) เป็นส่วนของ ANS ที่มี preganglionic cell body อยู่ใน brain และ sacral region และมี postganglionic neuron อยู่ใน cranial autonomic ganglion หรือ terminal ganglion.

Efferent Parasympathetic Pathways

Preganglionic fiber ของ parasympathetic system เป็น fiber ชนิด myelinated ที่ทอดร่วมไปกับ nerve ต่อไปนี้

1. Oculomotor nerve (CN III)
2. Facial nerve (CN VII)
3. Glossopharyngeal nerve (CN IX)
4. Vagus nerve (CN X)
5. Sacral spinal nerve 2-4 (S_{2-4})

Postganglionic neuron ของ parasympathetic system บริเวณ cranial region รวมกันเป็น cranial autonomic ganglion 4 คู่อยู่สัมพันธ์กับแขนงของ trigeminal nerve คือ

1. Ciliary ganglion อยู่ภายใน orbit ระหว่าง lateral rectus muscle ของตา และ optic nerve.
2. Pterygopalatine ganglion อยู่ใน pterygopalatine fossa.
3. Submandibular ganglion อยู่สัมพันธ์กับ lingual nerve.
4. Otic ganglion อยู่ medial ต่อ mandibular nerve ใต้ต่อ foramen ovale.

สำหรับ postganglionic neuron ของ vagus และ sacral nerve ที่ 2-4 จะอยู่ภายในอวัยวะที่มัน supply เรียก terminal ganglion.

Autonomic Nerves to the Head and Neck

Sympathetic nerve บริเวณศีรษะ มีต้นกำเนิดของ preganglionic fiber จาก upper thoracic region. Synapse กับ postganglionic neuron ใน superior cervical ganglion. และมี postganglionic fiber ไปตาม cranial nerve ใกล้เคียงหรือ form vascular plexus ทอดร่วมไปกับแขนงของ internal และ external carotid arteries. Sympathetic fiber บริเวณนี้มีแขนงไปเลี้ยง smooth muscle of eye, lacrimal gland, gland of oral and nasal mucosa และ salivary gland.

Sympathetic nerve ที่ไปยังบริเวณ gland ของศีรษะส่วนใหญ่ทำหน้าที่ควบคุม diameter ของหลอดเลือดที่เลี้ยง gland เหล่านั้น โดย normal sympathetic tone ของ smooth muscle ของหลอดเลือดทำหน้าที่ maintain lumen ของหลอดเลือดให้อยู่ในภาวะ partial constricted state. ถ้า sympathetic tone ลดลงจะทำให้หลอดเลือด dilate และถ้ามี sympathetic impulse เพิ่มขึ้น ทำให้หลอดเลือด constrict นอกจากควบคุมขนาดของหลอดเลือดแล้วยังเลี้ยง myoepithelial cell ด้วย.

Parasympathetic nerve ที่เลี้ยงบริเวณศีรษะมีต้นกำเนิดจาก preganglionic fiber ที่ร่วมไปกับ oculomotor, facial และ glossopharyngeal nerves. โดย

- Preganglionic fiber ที่สัมพันธ์กับ oculomotor nerve (CN III) จะ synapse ใน ciliary ganglion ให้ postganglionic fiber ไปยัง smooth muscle ของตา.
- Preganglionic fiber ที่สัมพันธ์กับ facial nerve (CN VII) synapse กับ pterygopalatine และ submandibular ganglia. Postganglionic fiber จาก pterygopalatine ganglion เลี้ยง lacrimal และ nasal glands ส่วน postganglionic fiber จาก submandibular ganglion เลี้ยง submandibular และ sublingual glands.
- Preganglionic parasympathetic fiber ของ glossopharyngeal nerve (CN IX) synapse ใน otic ganglion. และให้ postganglionic fiber ไปยัง parotid gland.

Oculomotor Nerve : GVE Fiber (parasympathetic fiber)

Cell body ของ neuron ที่เป็นต้นกำเนิดของ general visceral efferent fiber (GVE fiber) ของ oculomotor nerve คือ Edinger-Westphal nucleus (visceral nucleus of oculomotor nerve หรือ accessory oculomotor nucleus) อยู่ใน midbrain. Preganglionic fiber เหล่านี้จะทอดร่วมไปกับ fiber อื่น ๆ ของ oculomotor nerve ซึ่งออกจาก midbrain ทางด้าน ventral surface ใกล้ midline junction ระหว่าง midbrain กับ pons เข้าสู่ orbit ทาง superior orbital fissure และทอดไปกับแขนงของ CN III ที่ไปเลี้ยง inferior oblique muscle ของตาแล้วแยกเป็นแขนงเล็ก ๆ synapse กับ postganglionic neuron ใน ciliary ganglion.

Postganglionic fiber แยกจาก ciliary ganglion ไปสู่ eyeball ทาง short ciliary nerve โดยแทงทะลุ sclera ของลูกตาเข้าไปใน perichoroidal space (ระหว่าง sclera กับ choroid) ไปสิ้นสุดใน ciliary muscle และ sphincter pupillae muscle (circular muscle of iris) ทำหน้าที่หรี่ม่านตา (constrict pupil) และปรับเลนส์สำหรับดูวัตถุระยะใกล้ (accommodation).

Sympathetic innervation of pupil of eye มี cell body ของ postganglionic sympathetic fiber อยู่ใน superior cervical ganglion เข้าไปใน orbit โดยวิธี form เป็น internal carotid plexus ที่ไปกับ ophthalmic artery ทอดผ่านไปบริเวณ ciliary ganglion (ไม่ synapse ที่ ganglion) แล้วร่วมไปกับ short และ long ciliary nerve สิ้นสุดที่ dilator pupillae muscle (radial muscle of iris) ทำหน้าที่ขยายม่านตา (dilate pupil).

Facial Nerve : GVE Fibers (parasympathetic fiber)

Parasympathetic fiber ที่สัมพันธ์กับ facial nerve (CN VII) มี preganglionic fiber ไป synapse ใน ganglion 2 อันคือ pterygopalatine และ submandibular.

- Postganglionic fiber จาก pterygopalatine ganglion ทำหน้าที่ supply lacrimal gland, glands of nasal, palatine และ upper pharyngeal mucosa.

- Postganglionic fiber จาก submandibular ganglion ทำหน้าที่ supply submandibular และ sublingual salivary glands.

Nerve cell ที่เป็นต้นกำเนิดของ parasympathetic preganglionic fiber of facial nerve มี cell body อยู่ใน superior salivatory nucleus (ใน lower pons) และมี axon ออกจาก brain ทาง nervous intermedius (บริเวณ inferior border of pons) ทอดร่วมไปกับ facial nerve เข้าสู่ petrous part ของ temporal bone ทาง internal accoustic meatus ภายใน bone ให้ GVE fiber ไปกับ 2 แขนงของ facial nerve คือ

1. Greater petrosal nerve ตั้งต้นจากบริเวณ genicular ganglion และเข้าสู่ middle cranial fossa ทาง hiatus of facial canal(hiatus of the greater petrosal nerve).

2. Chorda tympani แยกออกจาก facial nerve ภายใน facial canal สูงจาก stylomastoid foramen ประมาณ 5 มม. ทอด ascending forward ใน facial canal และ เข้าสู่ tympanic cavity ทาง posterior canaliculus บริเวณ posterior wall of tympanic cavity จากนั้นทอดข้าม incus และ deep ต่อ upper end of the handle of the malleus และออกจาก petrous portion (tympanic cavity) ของ temporal bone ทาง anterior canaliculus ซึ่งอยู่ที่ medial end of the petrotympanic fissure.

Greater petrosal nerve ที่ผ่านเข้าไปใน middle cranial fossa จะผ่านไปลึกต่อ trigeminal ganglion แล้วรวมกับ deep petrosal nerve (นำ sympathetic fiber จาก internal carotid plexus) ผ่านเข้าไปใน pterygoid canal (ระหว่าง anterior wall ของ foramen lacerum กับ pterygopalatine fossa) เป็น nerve to pterygoid canal (Vidian nerve), nerve fiber ที่มาจาก greater petrosal nerve

จะเข้าไป synapse กับ postganglionic neuron ใน pterygopalatine ganglion ส่วน fiber ของ deep petrosal nerve จะทอดผ่าน ganglion ไปโดยไม่ synapse. จากบริเวณนี้ fiber ของทั้ง greater และ deep petrosal nerve จะ distribute ไปกับแขนงของ maxillary nerve และสิ้นสุดที่ lacrimal gland, glands of nasal, palatine และ upper pharyngeal mucosa.

Chorda tympani branch of facial nerve ประกอบด้วย GVE fiber (เลี้ยง submandibular และ sublingual glands) และ SVA fiber (ทำหน้าที่นำ sensation of taste จาก anterior 2/3 of tongue) หลังจากออกจาก temporal bone แล้วทอดไป medial ต่อ spine ของ sphenoid bone และ join กับ lingual nerve ในบริเวณ infratemporal fossa. ดังนั้น parasympathetic preganglionic fiber จะทอดร่วมไปกับ lingual nerveใน infratemporal fossa และแยกออกจาก lingual nerve ตรงบริเวณ submandibular ganglion (ganglion นี้อยู่บน hyoglossus muscle ใกล้ posterior border ของ mylohyoid muscle) เพื่อเข้าไป synapse กับ postganglionic neuron ใน ganglion นี้ ซึ่งจะให้ postganglionic fiber ไปเลี้ยง submandibular, sublingual
และ lesser lingual glands อาจมีบาง fiber ของ chorda tympani ผ่านไป synapse กับ postganglionic neuron ที่อยู่ภายใน stroma ของ submandibular gland ด้วย.

Sympathetic Innervation of Submandibular and Sublingual Salivary Gland

เริ่มต้นจาก upper thoracic spinal cord synapse กับ postganglionic neuron ใน superior cervical sympathetic ganglion และมี postganglionic fiber ไปกับ nerve plexus รอบ facial artery และแขนงของมันสู่ submandibular และ sublingual glands มีผลไปลด salivary secretion (ซึ่งตรงข้ามกับผลของ parasympathetic effect ทำให้มี salivary secretion เพิ่มขึ้น).

Glossopharyngeal Nerve : GVE Fibers (parasympathetic fiber)

Parasympathetic fiber ของ glossopharyngeal nerve ตั้งต้นจาก GVE, neuron ที่มี cell body อยู่ใน inferior salivatory nucleus (ใน upper medulla oblongata) โผล่ออกจาก brain stem ร่วมกับ fiber อื่น ๆ ของ CN IX ทาง ventral surface ของ medulla oblongata และเป็นแขนงแยกออกจาก CN IX ตรงบริเวณใกล้กับ CN IX โผล่ออกทาง jugular foramen เรียก tympanic nerve.

Tympanic nerve (GVE fiber) ของ CN IX ทอดผ่าน canal เล็ก ๆ เข้าสู่ tympanic cavity และ form tympanic plexus (ใน petrous part of temporal bone) แล้วแยกออกจาก plexus ด้วย lesser petrosal nerve.

Lesser petrosal nerve ออกจาก tympanic cavity ทาง foramen เล็ก ๆ ที่อยู่ lateral ต่อ hiatus of facial canal เข้าไปใน middle cranial fossa แล้วออกจาก fossa ทาง foramen ovale หรือ canaliculus innominatus สิ้นสุดโดยเข้าไป synapse กับ postganglionic neuron ใน otic ganglion (อยู่ medial ต่อ mandibular division ของ trigeminal nerve บริเวณที่มันโผล่ออกจาก foramen ovale).

Postganglionic fiber จาก otic ganglion ทอดร่วมไปกับ auriculotemporal branch ของ mandibular nerve สู่ parotid gland ทำหน้าที่เป็น secretomotor fiber.

Sympathetic Innervation of Parotid Gland

มี preganglionic fiber จาก upper thoracic spinal cord เข้าไป synapse ใน superior cervical ganglion แล้วให้ postganglionic fiber ไปเลี้ยง parotid gland ทาง plexus รอบ maxillary artery ซึ่งมีผลทำให้ secretion ลดลงเนื่องจากทำให้เกิด constriction ของหลอดเลือดที่มาเลี้ยง gland.

Vagus Nerve : GVE Fiber (parasympathetic fiber)

Parasympathetic fiber ของ vagus nerve เลี้ยง thoracic และ abdominal viscera ทั้งหมด ยกเว้นอวัยวะใน pelvic region. ใน thorax preganglionic fiber ของมันผ่าน pulmonary, cardiac และ esophageal plexuses ไป synapse กับ neuron ตัวที่สองใน terminal ganglion. (intramural ganglion) ที่อยู่ภายในผนังของหัวใจ, หลอดลมหายใจและหลอดอาหารจากนั้นให้ short postganglionic fiber สิ้นสุดที่กล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อหลอดลมหายใจและหลอดอาหาร.

ใน abdomen preganglionic fiber มีส่วนเข้าไปเลี้ยง stomach แต่ส่วนใหญ่ผ่าน celiac plexus และ plexus อื่น ๆ ข้างเคียง (subsidiary plexus) ไป synapse ใน terminal ganglion ที่อยู่ภายในผนังของ intestine (ถึงแค่ transverse colon), liver, pancreas และอาจมีส่วนไปที่ kidney ด้วย.

Terminal ganglion ของทางเดินอาหารอยู่ปะปนกับ postganglionic fiber ของ sympathetic system ที่มาเลี้ยงอวัยวะนั้น ๆ โดยอยู่รวมกันเป็น plexus 2 กลุ่ม คือ

- Plexus of Auerbach (myenteric) อยู่ระหว่าง circular และ longitudinal layer ของ muscular coat.
- Plexus of Meissner (submucosal) อยู่ใน submucosal layer

ทั้ง 2 กลุ่มพบอยู่ตลอดความยาวของทางเดินอาหารจาก esophagus ถึง internal anal sphincter. Postganglionic fiber จาก ganglion เหล่านี้มีขนาดสั้นและสิ้นสุดที่ smooth muscle และ glandular epithelium ของอวัยวะนั้น.

Sacral Parasympathetic Fibers

ตั้งต้นจาก sacral segment 2-4 ของ spinal cord ผ่านออกร่วมกับ ventral ramus ของ spinal nerve ที่เกี่ยวข้อง form เป็น pelvic splanchnic nerve.

Preganglionic parasympathetic fiber จาก pelvic plexus สิ้นสุดใน terminal ganglion ที่อยู่ในผนังของ pelvic viscera จาก ganglion เหล่านี้ให้ postganglionic fiber โดยตรงสู่อวัยวะนั้น ๆ ได้แก่ urinary bladder, descending colon, rectum และ accessory reproductive organ.

Plexuses of Autonomic Nervous System

Plexus ของ sympathetic system มักทอดร่วมไปกับหลอดเลือด เช่น internal carotid plexus, external carotid plexus, inferior thyroid plexus, vertebral plexus, subclavian plexus และ pharyngeal plexus. เป็น perivascular plexus ที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่าง cervical sympathetic branch กับ blood vessel ซึ่งเป็นวิธีการ distribution ของ nerve เท่านั้นมักไม่มี ganglion cell ปะปน และส่วนใหญ่เป็นพวก postganglionic efferent และ splanchnic afferent fibers ที่ทำหน้าที่เป็น vasomotor fiber ไปยังหลอดเลือดนั้น ๆ รวมทั้งแขนงของมัน แต่ส่วนใหญ่จะอาศัยหลอดเลือดเป็นทางผ่านไปสู่อวัยวะต่าง ๆ .

Perivascular plexus ลักษณะนี้ยังพบสัมพันธ์กับ aorta ใน thorax และ abdomen โดยทอดร่วมไปกับแขนงต้น ๆ ของ aorta. สำหรับ blood vessel ของ limbs และ peripheral vessel รับ vasomotor supply จาก postganglionic fiber ที่ไปกับ peripheral branch ของ spinal nerve.

Prevertebral (หรือ collateral) plexus เป็น plexus ของ ganglion cell ด้วย พบใน thoracic, abdominal และ pelvic cavities เช่น cardiac plexus, coeliac plexus, hypogastric plexus เป็นต้น จาก plexus เหล่านี้ให้แขนงไปเลี้ยง thoracic, abdominal และ pelvic viscera รวมทั้งหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องโดยแขนงที่ทอดออกจาก plexus เหล่านี้มักมีลักษณะเป็น perivascular plexus ทอดไปตามแขนงของหลอดเลือดขนาดใหญ่ และมีชื่อเรียกตามแขนงของ artery เหล่านั้น ดังนั้นแขนงที่ออกจาก prevertebral plexus ประกอบด้วยทั้ง sympathetic และ parasympathetic fibers ทอดไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ร่วมกัน.

Afferent Autonomic Pathways

Efferent autonomic fiber ที่ไปเลี้ยง viscera และ blood vessel จะมี afferent fiber จากอวัยวะเหล่านั้นทอดร่วมด้วย เรียก afferent fiber เหล่านี้ว่า GVA fiber หรือ autonomic afferents. Nerve fiber เหล่านี้เป็น peripheral process ของ unipolar cell ใน spinal และ cranial ganglia บางอัน และมี central process ทอดเข้าสู่ CNS.

Peripheral process ที่เป็น myelin fiber ขนาดต่าง ๆ หรือ nonmyelin fiber จะมีการ distribution ร่วมไปกับ pre- และ postganglionic fiber ของ parasympathetic และ sympathetic division ของ ANS แต่ไม่เข้าไป synapse ใน autonomic ganglion, ปลายของ autonomic afferent nerve มีลักษณะต่าง ๆ กันคืออาจเป็นแบบ knob, loop, ring หรือ tendirl-like endings และบางครั้งมี capsule หุ้ม เช่น pacinian corpuscle ซึ่งพบได้ที่ผนังของ viscera, epithelial lining, serous covering และผนังหลอดเลือด.

Afferent fiber เหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของ visceral reflex. ปกติจะไม่ขึ้นไปถึงระดับ consciousness และเชื่อว่าทำหน้าที่นำ visceral sensation เช่น hunger, nausea, sexual sensation, rectus distension เป็นต้นนอกจากนี้ยังอาจนำ visceral pain ด้วย ซึ่งอาจเป็น true visceral pain หรือ referred pain.

ปกติพบ GVA iber ใน CN X, IX (อาจพบใน CN อื่นด้วย) และ S_{2-4} (ไปตาม pelvic splanchnic nerve) และ T_1 - L_3 (ซึ่งจะ distribute ร่วมกับ efferent sympathetic nerve ที่ไปสู่ viscera และ blood vessel) สำหรับ cell of origin ของ fiber เหล่านี้อยู่ที่ sensory ganglion ของ nerve โดยทั่วไป afferent fiber ที่ร่วมไปกับ pre- และ postganglionic fiber ของ sympathetic system มีการจัดตัวเป็น segment และสิ้นสุดใน spinal cord ระดับเดียวกับ preganglionic fiber ของ efferent pathway นั้น ๆ.