

自律神経系 (資料 9)

解剖学講座 (神経機能形態学) (旧第二解剖) 佐藤 真

A. 自律神経系総論 General Remarks on Autonomic Nervous System

- 平滑筋、心筋や腺はその作用が拮抗する 2 種の神経系 (交感神経系と副交感神経系) に支配される。交感神経系と副交感神経系の興奮は我々の意識から独立しているのが自律神経系という。自律神経系は植物機能 (呼吸、循環、消化、生殖など) を支配しているので植物神経系 vegetative nervous system ともいう。また自律神経系の機能は生命活動にとって必須なので生命神経系 vital nervous system ともいう。
- 二重支配: 一つの器官は、交感神経と副交感神経の両方の支配を受けるのが普通であり、これを二重 (神経) 支配という。しかし、瞳孔散大筋、脾臓、立毛筋、汗腺、大部分の血管は交感神経支配のみであり、瞳孔括約筋や毛様体筋は副交感神経の支配のみ受ける (二重神経支配の例外則)。
- 拮抗支配: 同じ器官に対する交感神経と副交感神経の作用は拮抗するのが普通であり、これを拮抗支配という。しかし唾液腺の分泌は交感および副交感神経の刺激に対してともに促進する (拮抗支配の例外則)。ただし交感神経の刺激で、有機物質の量が強く粘稠な唾液を少量分泌し、副交感神経の刺激で有機物質の量が少なく、粘稠度の低い唾液を大量に分泌する。
- 自律神経系は 2 個のニューロンにより構成される 2 神経回路 2 neuron pathway である (図1)。1 次ニューロン 1st neuron は脳幹または脊髄にあり、2 次ニューロン 2nd neuron は自律神経節 autonomic ganglion にある。1 次ニューロンとその軸索を、それぞれ節前ニューロン preganglionic neuron、節前線維 preganglionic fiber という。2 次ニューロンとその軸索を節後ニューロン postganglionic neuron、節後線維 postganglionic fiber という。一般に節前線維は有髄で、節後線維は無髄である。
- 自律神経系は定義の上から遠心性 (運動性) 線維のみから構成される。しかし内臓や血管壁からの臓性求心性 (知覚性) 線維を自律神経系に含める場合もある。
- 自律神経系の神経伝達物質 chemical neurotransmitters
 - ① 交感神経系
 - 1) 節前線維: アセチルコリン acetylcholine
 - 2) 節後線維: ノルアドレナリン noradrenaline
 - ② 副交感神経系
 - 1) 節前線維: アセチルコリン
 - 2) 節後線維: アセチルコリン
- 汗腺と骨格筋の血管を支配する交感神経節後線維の神経伝達物質は、ノルアドレナリンではなく、アセチルコリンである。この他、アセチルコリンやノルアドレナリン以外の化学物質 (例えば ATP、セロトニン、Substance P など) を神経伝達物質とする線維も存在する。
- アセチルコリンを神経伝達物質とする線維をコリン作動性線維 cholinergic fibers、ノルアドレナリンを

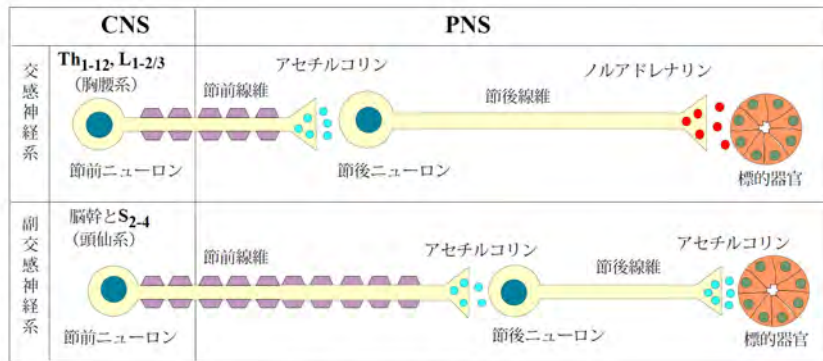


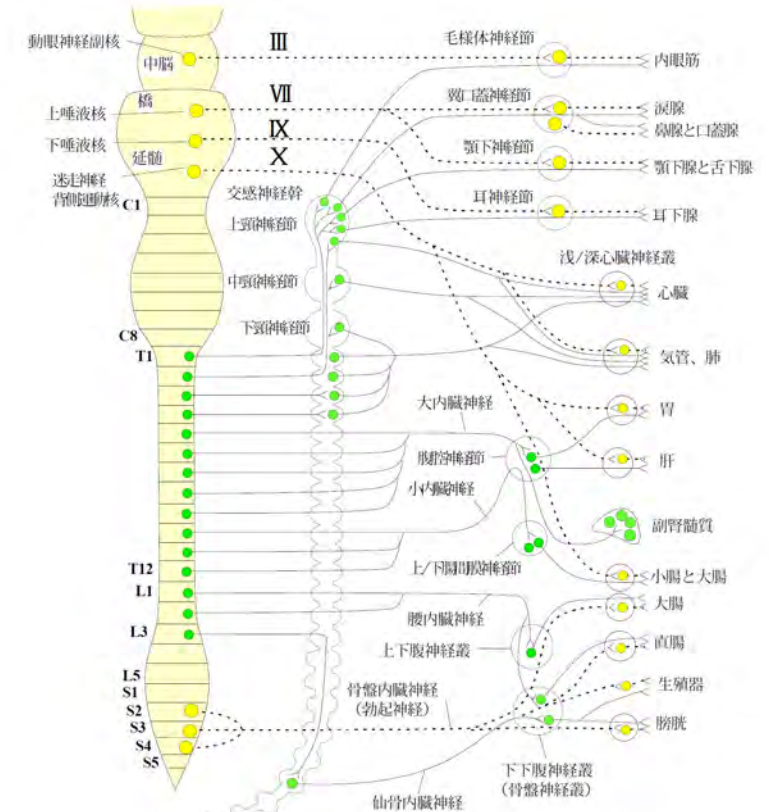
図1 自律神経系の概念図

神経伝達物質とする線維をアドレナリン作動性線維 adrenergic fibers という (注: 本来ならばノルアドレナリン作動性というべきだが)。以下同様に神経伝達物質が ATP ならばプリン作動性線維 purinergic fibers、セロトニンならばセロトニン作動性線維 serotonergic fibers という。

副交感神経節後線維の終末から出るアセチルコリンは、心筋に対しては抑制作用があるが、消化管の平滑筋に対しては興奮作用がある。このように同一の神経伝達物質の効果器 (標的器官) に対する作用は一定ではない。実は自律神経系の作用を決めるのは、神経伝達物質ではなく、神経伝達物質に対する受容器の性質である。

B. 交感神経系 sympathetic nervous system

- 節前ニューロンは第 1 胸髄より第 2 ないし第 3 腰髄 (T1-L2/3) の側角 lateral horn にある (図2)。故に交感神経系のことを胸腰系ともいう。節前線維は脊髄神経の前根に入り、ついで脊髄神経から分かれて交感神経幹 sympathetic trunk に入る (白交通枝 white ramus communicans)。節前線維のこれからあとの経路は次の 3 つになる (図3)。
- ① 幹神経節の節後ニューロンをバイパスして交感神経幹を上行し、頸部の上頸神経節、中頸神経節、下頸神経節でニューロンを換えて節後線維となり、頭頸部、胸部の標的器官に終わる。あるいは交感神経幹を下行して交感神経幹の腰神経節、仙骨神経節にてニューロンを換え、節後線維は骨盤部の標的器官に終わる。



作業: 交感神経系 (実線) を緑、副交感神経系 (破線) を黄色に塗り分けなさい。

図2 自律神経系

2. 胸部

・交感神経幹は10-12 個の神経節（胸神経節をもつ。第1 胸神経節は 特に大きく、しばしば下頸神経節と融合して頸胸神経節 cervicothoracic ganglion (星状神経節 stellate ganglion) をつくる。これらの神経節から出る枝として：

- ①肺枝 pulmonary branches
- ②食道枝 esophageal branches
- ③大内臓神経 greater splanchnic nerve と小内臓神経 lesser splanchnic nerve：前者は第5-9 胸神経節、後者は第10, 11 胸神経節を通過する節前線維で、横隔膜を貫いて腹腔神経叢に至る（図7）。

[補] ホルネル症候群 Horner syndrome (図6)：星状神経節や頸部交感神経幹の障害により起こる。患側の①縮瞳、②眼瞼下垂、③眼球陥凹の3大主徴 (Horner's triad) に、④無汗症を加える場合がある。瞳孔散大筋がマヒして瞳孔が小さくなる(縮瞳)。また上瞼板筋(ミューラー筋)がマヒして上眼瞼が下垂する(眼瞼下垂)。眼球陥凹は眼瞼狭小による見かけの症状という。また汗腺は交感神経支配のみである(無汗症)。

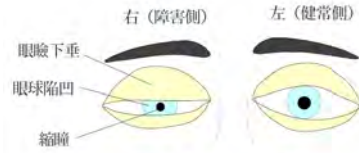


図6 ホルネル症候群

3. 腹部 (図7, 8)

・交感神経幹は腹部にて4-5 個の腰神経節lumbar ganglion をもつ。この神経節から腰内臓神経が出て、下記の神経節(神経叢)に節前線維を出す。

- ①腹腔神経叢 celiac plexus: 腹腔動脈の基部にある神経叢で、ここに左右1 対の腹腔神経節 celiac ganglion がある。大、小内臓神経、腰内臓神経の枝はここで節後ニューロンに接続する。腹腔神経節と交通枝により連絡をもつ神経節として、上腸間膜動脈神経節、下腸間膜動脈神経節、大動脈腎動脈神経節などがある。これらの神経節から出る交感性節後線維は消化管の腺(分泌抑制)と平滑筋(消化管の運動抑制)を支配する。
- ②上下腹神経叢(仙骨前神経叢) superior hypogastric plexus (presacral plexus): 腹大動脈の分岐部およびその直下にある神経叢である。この神経叢の下部より左右の下腹神経が起り、下腹神経叢(骨盤神経叢)の形成に与る。



図7 大内臓神経と小内臓神経

4. 骨盤部

・交感神経幹は骨盤にて4-5 個の仙骨神経節および不對神経節 Ganglion impar【英・ラ】をもつ。これらの神経節から出る枝として、仙骨内臓神経 sacral splanchnic nn. がある。

・下腹神経叢(骨盤神経叢) inferior hypo- gastric plexus (pelvic plexus)：直腸と膀胱の両側にある神経節。下腹神経と仙骨内臓神経がこの神経叢に入り、節後ニューロンにシナプス結合する。この神経叢より出る節後線維は内肛門括約筋(収縮→排便)、膀胱括約筋と排尿筋--(膀胱括約筋の収縮、排尿筋の弛緩→蓄尿)、生殖器(射精)に分布する。

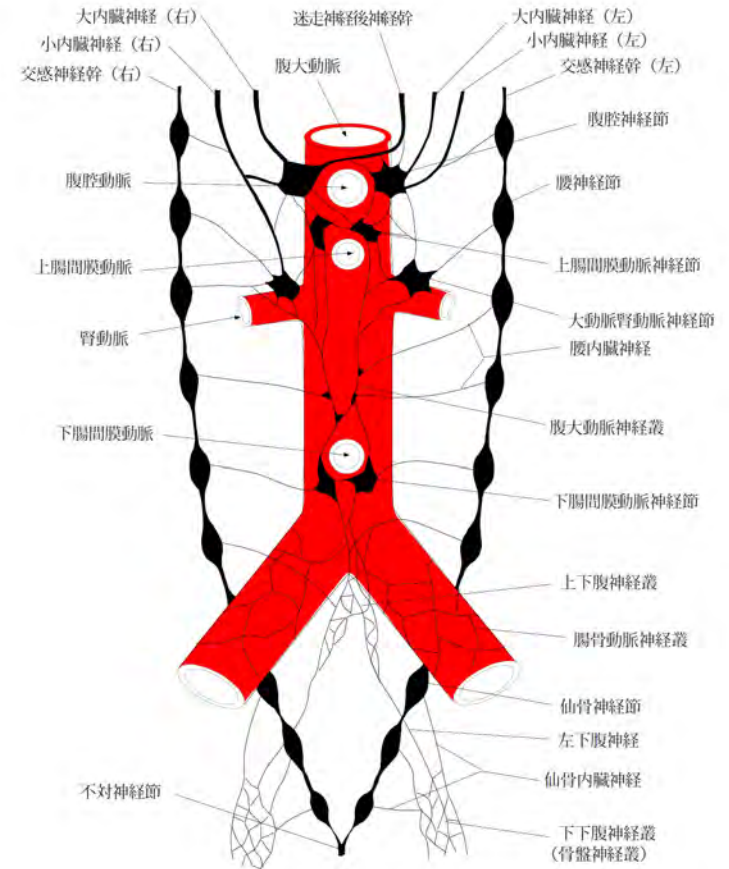


図8 腹部の交感神経系

C. 副交感神経系 parasympathetic nervous system

・節前ニューロンは脳幹(動眼神経副核、上唾液核、下唾液核、迷走神経背側運動核)と仙髄(第2-4仙髄、S2-4)にある(図2)。故に副交感神経系のことを頭仙系 craniosacral system ともいう。

1. 頭部 cranial part

- ・動眼神経副核 accessory oculomotor nucleus
 - ①節前線維：動眼神経副核→動眼神経→動眼神経下枝→動眼神経からの根→毛様体神経節。
 - ②節後線維：毛様体神経節→短毛様体神経→瞳孔括約筋(縮瞳)と毛様体筋(レンズの屈折力増大)。
- ・上唾液核superior salivatory nucleus

(その1)

- ①節前線維：上唾液核→顔面神経（中間神経）→大錐体神経→翼口蓋神経節。
- ②節後線維：2経路ある。
 - 1) 翼口蓋神経節→翼口蓋神経→上顎神経→頬骨神経→頬骨神経との交通枝→涙腺神経→涙腺（分泌の促進）
 - 2) 後鼻枝→鼻腺、口蓋神経→口蓋腺、咽頭枝→咽頭の腺（分泌の促進）。

(その2)

- ①節前線維：上唾液核→顔面神経（中間神経）→鼓索神経→舌神経→顎下神経節。
- ②節後線維：顎下神経節→顎下腺と舌下腺（分泌の促進）。
- ・下唾液核 inferior salivatory nucleus
 - ①節前線維：下唾液核→舌咽神経→鼓室神経→小錐体神経→耳神経節。
 - ②節後線維：耳神経節→耳介側頭神経との交通枝→耳介側頭神経→耳下腺（分泌促進）。
- ・迷走神経背側運動核 dorsal motor nucleus of vagus
 - ①節前線維：迷走神経背側運動核→迷走神経→胸・腹部臓器の中あるいはその近傍にある神経節（例；心臓神経叢、腸管神経叢）。
 - ②節後線維：同上神経節→胸腹部臓器の腺（気管支腺や消化腺の分泌促進）と平滑筋（気道の平滑筋収縮→気道の狭窄、消化管の平滑筋収縮→消化管の運動亢進）、心筋（心拍数減少、心拍出力の減少）。

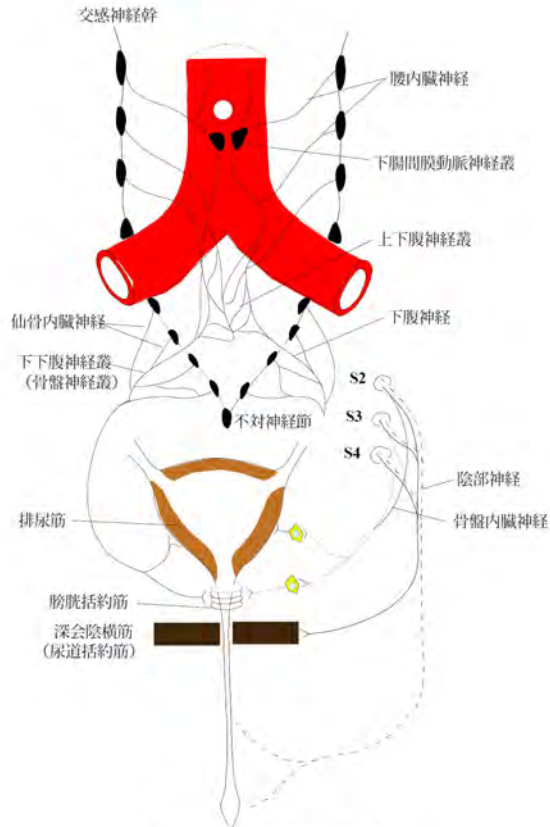


図9 骨盤臓器の自律神経支配

表1 交感神経系と副交感神経系の作用のまとめ

標的器官	交感神経系	副交感神経系	
眼	瞳孔散大筋	収縮（散瞳）	神経支配なし
	瞳孔括約筋	神経支配なし	収縮（縮瞳）
	毛様体筋	神経支配なし	収縮（屈折力の増大）
涙腺	神経支配なし(?)	分泌促進	
唾液腺	分泌促進（粘稠度の高い唾液を少量）	分泌促進（粘稠度の低い唾液を大量）	
鼻腺	神経支配なし(?)	分泌促進	
気道	気管（支）腺	神経支配なし(?)	分泌促進
	気管（支）平滑筋	弛緩（気道の拡張）	緊張（気道の狭窄）
心臓	促進（心拍数の増加、心収縮力の増大）	抑制（心拍数の減少、心収縮力の減少）	
消化管	消化腺	分泌抑制	分泌促進
	平滑筋	弛緩（腸管の運動抑制）	収縮（腸管の運動亢進）
膵臓	膵液分泌抑制、インシュリン分泌抑制	膵液分泌促進、インシュリン分泌促進	
肝臓	グリコーゲン分解	グリコーゲン合成	
膀胱	蓄尿（膀胱括約筋収縮、排尿筋弛緩）	排尿（膀胱括約筋弛緩、排尿筋収縮）	
肛門	蓄便（内肛門括約筋収縮）	排便（内肛門括約筋弛緩）	
生殖器	射精	勃起（海綿体への血流増大）	
汗腺	分泌	神経支配なし	
血管平滑筋	収縮（ただし筋の血管は弛緩）	神経支配なし	
立毛筋	収縮	神経支配なし	

2. 骨盤部 (図9) pelvic part

- ・節前線維：第2-4仙髄中間質外側部（仙髄自律神経中枢 sacral autonomic center）→第2-4仙骨神経の前根→下腹神経叢→標的器官の近傍の神経節。この副交感性節前線維を骨盤内臓神経（勃起神経）という。
 - ・節後線維：上記の神経節→横行結腸中央～直腸の平滑筋（収縮）と腺（分泌促進）、内肛門括約筋（弛緩→排便）、膀胱の平滑筋（膀胱括約筋弛緩、排尿筋の収縮→排尿）、生殖器（海綿体の血流増大→勃起）。
- [補] 消化管の副交感神経支配は横行結腸の中央が分岐点となる。それより口側は迷走神経支配で、肛側は骨盤内臓神経支配である。

■自律神経系の作用のまとめ (表1)