

# 連關痛의 發生機轉

全南大學校 醫科大學 生理學敎室

吉 洵 植

## Possible Mechanism of Referred Pain

Won Sik Gill, M.D.

Department of Physiology, Jeonnam National University Medical School

### 內臟痛覺과 連關痛

#### 1) 內臟痛覺(Visceral pain)

내장을 지배하는 자율신경계에도 체성신경계에 있어서와 같이 구심성섬유(지각섬유), 통합중추 및 원심성섬유(운동섬유)로 구성되어 있고 내장의 감각수용기도 대체로 피부에 있어서와 유사하나 고유수용기(proprioceptive receptor)가 없고 온도수용기 및 압수용기가 거의 없다는 점이 특징이다. 따라서 복벽만을 국소마취하여 개복수술도 할수 있고 전혀 불쾌감없이 장관을 절제할 수 있다. 대체로 내장에는 통각수용기(nociceptor)만 주로 있으나 이것마저도 체성신경영역에 있어서 보다 적고 몇가지 특수형의 자극에 의하여 흥분하게된다. 장간막에는 피부에 있어서와 같이 많은 Pacini소체가 있으나 그 생리적 기능에 대해서는 알려져 있지않다.

내장통각은 내장에 분포된 통각섬유의 흥분에 의하여 몸속 깊이 느껴지는 둔한 통각을 말하며 그 국소가 명확하지 않고 오심(nausea) 및 구토(vomiting)등 여러가지 자율신경성 증상을 동반한다. 이와 같이 내장통각의 소재가 명확하지 않는 이유는 내장에 대한 통각섬유의 분포가 비교적 적기 때문이다. 그러나 내장의 통증이 격심할 때가 있다. 예를 들면 장폐색증(ileus) 때는 장선통(intestinal colic pain)을 일으킨다. 공동장기(hollow organ)의 벽에 있는 수용기는 신장(stretch)에 대해서 감수성이 강하기 때문이다. 대체로 내장중에서도 대망과 소망은 통각이 없고 장기의 실질

은 비교적 통각이 없으며 복막으로 쌓여진 십이지장, 췌장등과 그리고 심장은 심한 통각을 일으킨다. 따라서 실질을 싸고 있는 막과 주위조직은 심한 통각을 나타낸다고 할 수있다. 내장통각은 그 부위뿐만 아니라 그 부위에 가까운 골격근에 반사성수축(반사성경련)을 일으킨다. 즉 이 반사성경련은 보통 복벽에 나타난다. 그러나 내장의 통각섬유의 흥분이 어떤 경로를 통해서 골격근에 도달하여 이와 같은 반응을 일으키는지에 관해서는 신경해부 및 생리학적으로 확실하지 않다.

내장에 분포된 자율신경의 통각섬유는 교감신경과 부교감신경중에 함유되어 있고 교감신경성 통각섬유의 세포체는 척수신경절(spinal ganglion; dorsal ganglion)에 있고 부교감신경 통각섬유의 세포체는 척수신경절에 상응한 뇌신경(cranial nerve)과 골반신경(pelvic nerve)에 있다. 즉 교감신경성 통각섬유의 세포체는 흉부, 상요부 및 천부 등의 척수신경절에 있고 부교감신경성 통각섬유는 안면신경, 설인신경 및 미주신경중에 있다. 눈에 대한 구심성 섬유는 삼차신경중에 있다고 한다. 따라서 내장에 대한 통각섬유의 분포는 장기에 따라 다르며 그 구체적인 분포상황은 다음 그림(Fig. 1)과 같다.

**體壁痛覺(Parietal pain):**내장에 대한 자율신경성 통각섬유의 분포에 대해서는 전술한 바 있다. 그러나 내장 구조물에 속하면서도 체성신경의 통각 섬유의 지배를 받고 있는 곳이 있다. 즉 횡격막의 중앙부, 심막(pericardium)및 담관은 횡격막 신경의 통각섬유의 지배를 받고있다. 벽측늑막(pleural), 벽측복막(pleural peritoneum), 횡격막의 주변부 및 장간막의

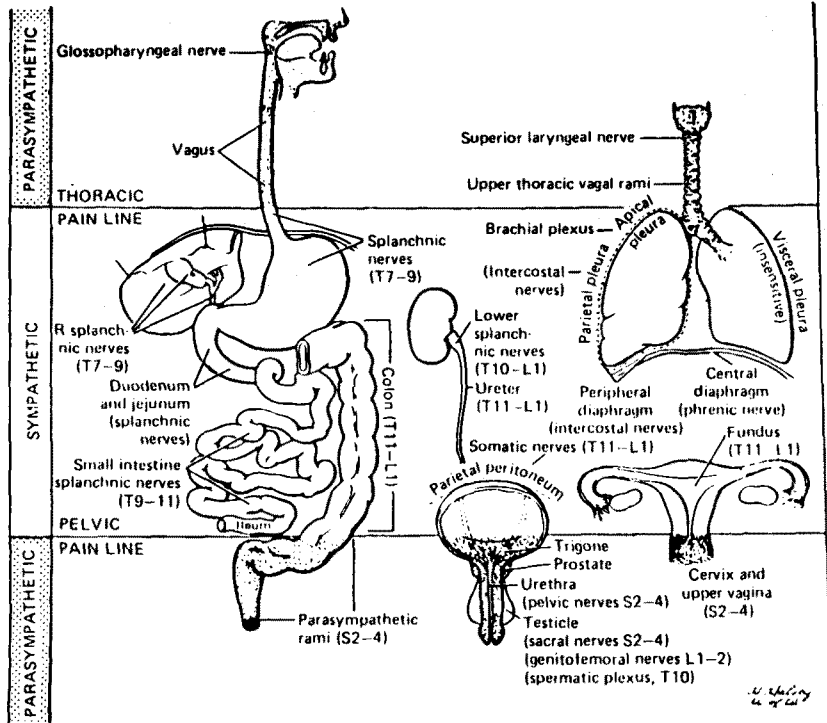


Fig. 1. Pain innervation of the viscera. Pain afferents from structures above the thoracic pain line and below the pelvic pain line transverse parasympathetic pathways. (Ganong : Review of Medical Physiology 14th ed. Lange, 1989. Reproduced from Ruch, T.C. in Physiology and Biophysics. 19th ed. Ruch, T. C. and Patton, H.D. (editors), Saunders, 1965)

기시부 등은 각각 그 부위에 해당된 체성 신경의 통각 섬유 지배를 받고 있다. 따라서 이들 통각섬유가 자극을 받아 흥분하게 되면 통증을 일으키는데 그 부위가 분명함이 특징이다. 이와 같은 통증을 체벽통각이라 하며 내장통각의 일종에 해당된다. 충수돌기염(appendicitis) 때 야기되는 통각의 전도경로를 설명하면 다음과 같다. 충수돌기에 분포된 내장신경(교감신경)의 통각섬유를 통해서 전도되는 내장신경로(visceral pathway)와 충수염이 진행됨으로써 그 주위 복막이 자극되어 외복벽의 체성신경의 통각섬유를 통해서 전달되는 체벽신경로(parietal pathway)가 있다. 따라서 충수염 때는 이 두가지 신경로를 통해서 흥분을 중추에 전달하게 된다.

## 2) 連關痛(Referred pain)

내장에 분포된 통각섬유가 흥분했음에도 불구하고 통각은 내장이 아닌 멀리 떨어진 체성조직에 나타나는

경우를 말한다. 이 연관통은 실험적으로 내장 신경을 자극함으로써 일으킬 수 있다. 연관통이 일어나는 부위는 언제나 동일장소에만 나타난 것이 아니고 의외의 부위에 나타나는 수도 있다. 그러나 대체로 연관통은 그 통증을 발생케 한 조직과 발생학적으로 같은 체절 조직에 나타난다. 따라서 내장의 자극으로 야기되는 연관통은 피부분절(dermatome; Head's zone)에 일치한다고 한다. 예를 들면 심장통(heart pain)은 좌완내면(左腕內面)에 투사되고 횡경막 중앙부의 자극에 의한 통증은 어깨의 선단에 투사되며 요관(ureter)이 신장되었을 때의 통증은 음낭에 나타난다.

## 體性痛覺과 內臟痛覺의 感受機轉

생체내외의 정보는 각종 감각수용기에 의하여 중추 신경계에 전달된다. 이 수용기는 여러가지 energy를 감각신경의 활동전위로 변환시키는 변환기(transdu-

cer)의 역할을 담당한다. 각종 감각수용기는 각종 원시 성섬유의 종말에서 유리되는 화학전달물질이 작용하는 효과기의 수용체와는 달리 감각뉴런의 일부로서 활동전위(action potential)를 발생시키는 부분이다. 대체로 특수감각수용기는 고유한 수용기를 가지고 있고 해당자극에만 반응하나 피부감각에 있어서와 같이 수용기로서 조직학적 특성이 없음에도 불구하고 기능적으로는 특이성을 나타내는 수도 있다. 결과적으로 고유한 수용기의 흥분에 의한 impulse를 흥분전달체계를 통해서 중추에 도달케 한다고 할수 있다.

체성통각섬유나 내장통각섬유는 모두 "free nerve ending"을 형성하나 외부자극을 받아들이는 수용기는 양자간에 차이가 있다. 즉 체성통각의 수용기는 기계적수용기(mechanoreceptor), 온도수용기 (thermoreceptor) 및 화학수용기(chemoreceptor)등이나 내장통각의 수용기는 화학수용기와 삼투압수용기만 있고 온도수용기는 없다. 내장 수축 또는 신장을 수용하는 수용기는 있으나 피부의 기계적 수용기와는 그 성질이

다르다(Table 1).

본 논설에 "A  $\delta$  fiber"와 "C fiber"가 자주 나오므로 Erlanger 및 Gasser(1930)가 제시한 혼합신경(mixed nerve)의 분류에 대해서 언급하고자 한다. 말초신경분야에서 일반적으로 신경이라 함은 성질이 다른 여러가지 신경섬유가 모여있는 혼합신경을 말한다. 따라서 혼합신경을 전기자극함으로써 발생하는 활동전위를 Oscilloscope를 통해서 기록해 보면 여러가지 파형을 얻을 수 있다. 전도속도가 빠른 섬유는 먼저 흥분하고 전도속도가 늦은 섬유는 늦게 흥분하기 때문이다. 이와같은 사실을 감안하여 신경섬유의 크기 (fiber diameter), 전도속도(conduction velocity), 극전위의 지속시간(spike duration), 절대불응기(absolute refractory period)등을 기준으로 하여 A, B, C 섬유로 분류하고 A fiber의 아형(subtype)으로  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  섬유로 나눈 것이다. 이분류에 의하면 통각섬유는 "myelinated A  $\delta$  fiber"와 "unmyelinated C fiber"에 속하며 국소마취제(local anesthetics)에 대해서 통

Table 1. Different Types of Pain Fibers and Pain Receptors Producing Somatic and Visceral Pain

A. Pain fibers	
Somatic pain fiber	Visceral pain fiber
A) Free nerve ending	A) Free nerve ending
B) A $\delta$ Fiber, myelinated conduction velocity 5~30m/sec responsible for fast pain	B) Mainly, sympathetic & parasympathetic C fibers conduction velocity 0.7~2.3 m/sec responsible for slow pain
C) Dorsal root C fiber, unmyelinated conduction velocity 0.5~2 m/sec responsible for slow pain	
B. Pain receptors	
Somatic pain receptors	Visceral pain receptors
A) Mechanical receptor mechanic stretch	A) Mainly, chemical receptors specific chemicals
B) Thermal receptor heat & cold	*bradykinin
C) Chemical receptors specific chemicals	*acidic metabolic end product
*bradykinin	*Proteolytic enzyme
*serotonin	※hollow organ spasm & stretch
*histamine	
*prostaglandin (enhance sensitivity of pain fiber endings)	

**Table 2. Nerve Fiber Types in Mammalian Nerve (Ganong : Review of Medical Physiology, 14th ed. Lange, 1989)**

Fiber Type	Function	Fiber Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Conduction Velocity (m/s)	Spike Duration (ms)	Absolute Refractory Period (ms)
A $\alpha$	Proprioception ; somatic motor	12~20	70~120		
$\beta$	Touch, pressure	5~12	30~70	0.4~0.5	0.4~1
$\gamma$	Motor to muscle spindles	3~6	15~30		
$\delta$	Pain, cold, touch	2~5	12~30		
B	Preganglionic autonomic	<3	3~15	1.2	1.2
C dorsal root	Pain, temperature, some mechanoreception, reflex responses	0.4~1.2	0.5~2	2	2
sympathetic	Postganglionic sympathetics	0.3~1.3	0.7~2.3	2	2

**Table 3. Relative Susceptibility of Mammalian A, B and C Nerve Fibers to Conduction Block produced by Various Agents (Ganong : Review of Medical Physiology, 14th ed. Lange, 1989)**

	Most susceptible	Intermediate	Least Susceptible
Sensitivity to hypoxia	B	A	C
Sensitivity to pressure	A	B	C
Sensitivity to cocaine and local anesthetics	C	B	A

각섬유가 예민함은 “C fiber”에 수초 (myelin sheath)가 없고 가늘기 때문이라고 한다(Table 2, 3).

### 感覺纖維의 興舊傳導系

감각섬유의 impulse가 척수후근을 통해서 척수후각 (dorsal horn)에 들어오게 되면 대체로 두가지의 경로 즉, 후삭계(dorsal column system)와 척수시상계(spinothalamic system)을 통해서 상행하여 중추에 도달된다.

#### 1) 後索系(dorsal column system)

촉각, 운동감각, 근감각 및 압각에 관여하는 감각신경섬유는 척수후각에 들어와서 동측의 척수로를 그대로 상행하여 연수(medullar oblongata)에서 2차뉴론으로 교대되고 반대측의 연수를 지나 시상후부(posterior thalamus)의 복측기저핵군(ventrobasal complex)에 도달되며 여기서 다시 뉴론을 교대하여 3차뉴

론이 되어 방사상으로 대뇌피질의 체성 감각영역(somesthetic sensory area)에 분포된다(Fig. 2).

#### 2) 脊髓視床路(spinothalamic tract)

통각, 온도각, 일부촉각 및 압각에 관여하는 감각신경섬유는 척수후각에서 시냅스를 형성하여 뉴론을 교대하게 되며 2차뉴론은 바로 반대측척수에 들어가서 척수시상로를 상행한다. 특히 통각섬유중에서도 “fast pain fiber (A  $\delta$ )”는 복측척수시상로(ventral spinothalamic tract ; neospinothalamic tract)를 따라 상행하여 시상후부에 이르고 “slow pain fiber(C fiber)”는 외측척수시상로(lateral spinothalamic tract ; paleospinothalamic tract)를 따라 상행하며 시상후부에 이른다. 이 두가지 신경로 모두 뇌간(brain stem)의 곳곳에서 측지를 보내 정보를 제공한다. 시상후부에 도달한 각종 감각신경섬유는 여기서 시냅스를 형성하여 3차뉴론이 되어 방사상으로 대뇌피질의 체성감각영역에 분포된다(Fig. 3).

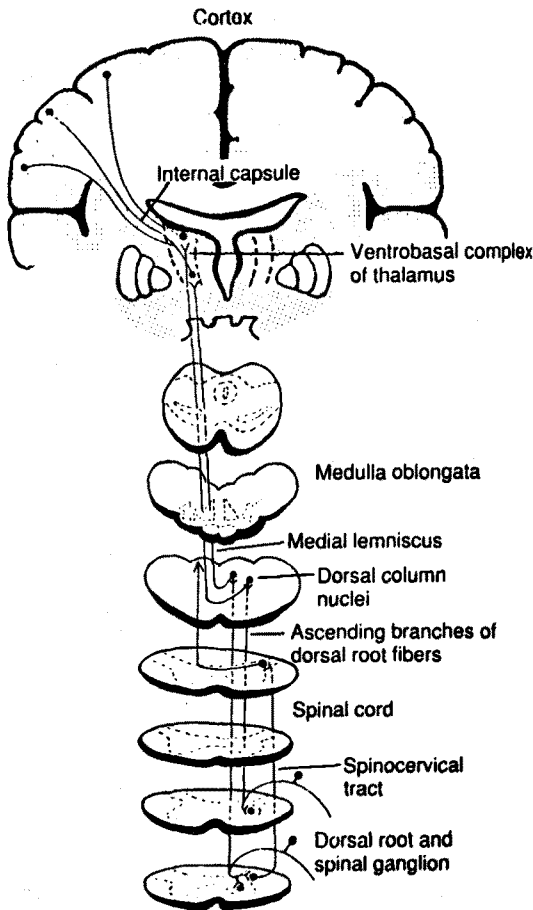


Fig. 2. The dorsal column and spinocervical pathway for transmission critical type of tactile signals. (Guyton: Textbook of Medical Physiology, 8th ed. Saunders, 1991.)

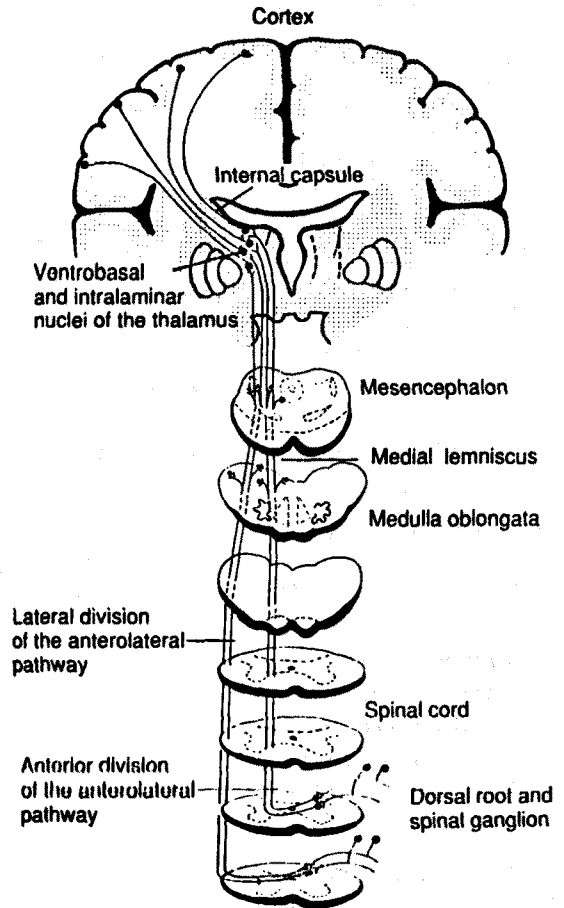


Fig. 3. The anterior and lateral divisions of the anterolateral spinothalamic pathway. (Guyton: Textbook of Medical Physiology, 8th ed. Saunders, 1991)

### 痛覺의 關門調節說(Gate control theory)

통각섬유의 흥분이 척수후각에 들어와서 척수시상로를 따라 전도되는 과정에서 그 impulse 전도를 억제하는 관문(gate)이 척수후각에 있다는 학설이다. 이 학설의 기초는 "presynaptic inhibition"에 둔 것으로 Melzack 및 Wall(1965)의 "gate control theory"가 널리 알려져있다.

Large fiber(L-fiber)는 척수후각에 들어와서 후삭계(dorsal column system)를 상행하는 한편 일부뉴론은 교양질(substantia gelatinosa)에 시냅스를 형성하

고 small fiber(S-fiber)는 이 교양질에서 시냅스를 형성하는 한편 일부섬유는 Lissauer tract를 상행한다. 교양질에 있는 중간 뉴론(interneuron)은 L-fiber와 S-fiber로부터 자극을 받고 있으며 이 뉴론이 시냅스 후뉴론을 조절(modulation)하는 기능을 가지고 있다. 중간뉴론은 시냅스 후 뉴론(흥분전달세포)의 기능을 억제하는 고유한 기능을 가지고 있으며 L-fiber의 흥분은 이 중간뉴론의 기능을 항진시키고 S-fiber는 이 중간뉴론을 억제한다. 따라서 L-fiber의 흥분은 중간뉴론을 흥분시켜서 "presynaptic inhibition"에 의하여 관문을 닫게 되므로 시냅스 후뉴론에 대한 흥분전도는 차단된다. 이와 반대로 S-fiber가 중간뉴론의 억제기능을

더욱 억제하게 되므로 관문을 열어 통증을 일으키게 된다. 결론적으로 말하자면 pain impulse는 L-fiber와 S-fiber의 balance 여하에 따라 관문이 조절되며 교양 질세포가 그 “modulator” 역할을 한다는 학설이다. 피부에 분포된 S-fiber는 자극을 받지 않는 상태에서 도 일정한 impulse을 보내고 있으며 소위 “ongoing activity”를 발휘하고 있다고 한다. 그러나 피부가 자극을 받게 되면 흥분된 C-fiber의 수는 증가되고 이 관문은 열리게 된다. L-fiber는 자극없이 흥분하지

않으나, 자극이 되면 이 관문을 닫게 되므로 통증을 소실시킨다는 것이다(Fig. 4~6).

### 痛覺情報(pain signal)의 調節機轉

#### 1) 中樞의 “analgesia system”

Raynolds(1969)는 흰쥐의 periaqueductal gray (PAG) matter를 미세전극으로 자극하여 마취를 하지 않고도 수술이 가능함을 보고한 이래 이 분야에 대한 많은 연구가 진행되었으며 이 부위외도 III 뇌질의 주변핵 (periventricular nucleus; PVN), 대 Raphe 핵 (nucleus raphe magnus; NRM), 척수후각의 “pain inhibitory complex” 등의 흥분이 통각정보를 차단함이 알려지게 되었다. PVN, PAG 및 NRM 등은 enkephalin을 유리시키고 NRM에서 기시하여 척수후각을 지배하는 세로토닌성신경섬유는 serotonin을 유리하며 이 serotonin이 enkephalin을 유리하는 척수내 뉴론을 흥분시킴으로써 “presynaptic inhibition”을 일으킴이 알려졌다. 이 enkephalin에 의한 억제작용은 신경섬유의 종말에서의 세포막에 대한 “Ca<sup>+</sup> channel”을 차단한 것으로 추측된다. 망상핵(reticular nuclei) 또는 시상의 intralaminar nuclei에서도 이와 같은 작용을 한다고 한다(Fig. 7&8).

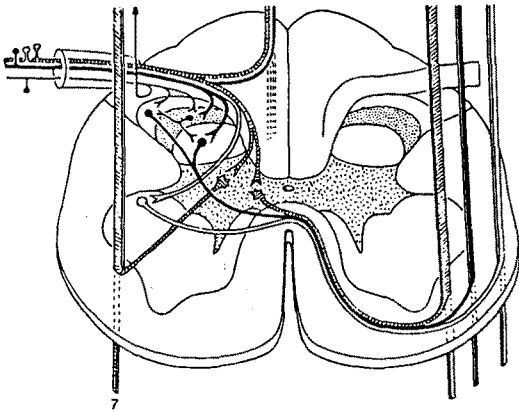


Fig. 4. Diagrammatic illustration of nerve fiber connection at the dorsal horn.

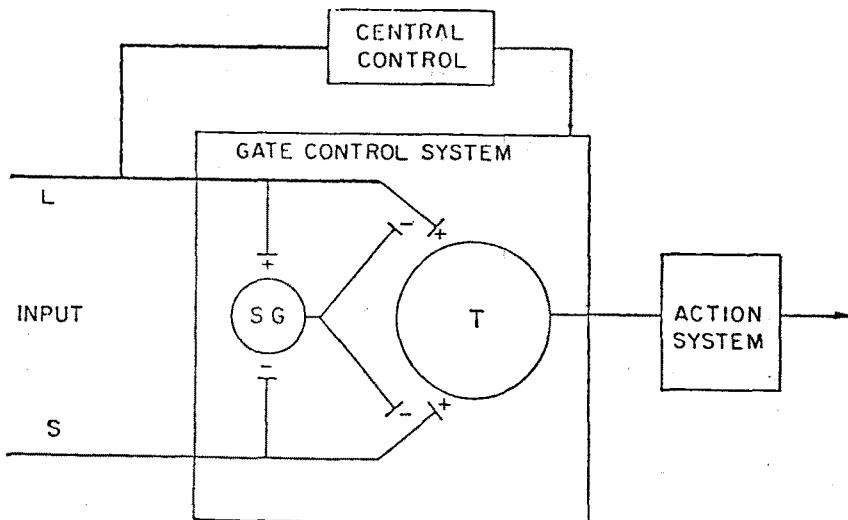


Fig. 5. Schematic diagram of the gate control system (Melzack and Wall, 1965). SG, substantia gelatinosa; TC, transmission cells; L, large fiber, S, small fiber (C fiber); +, excitation; -, inhibition.

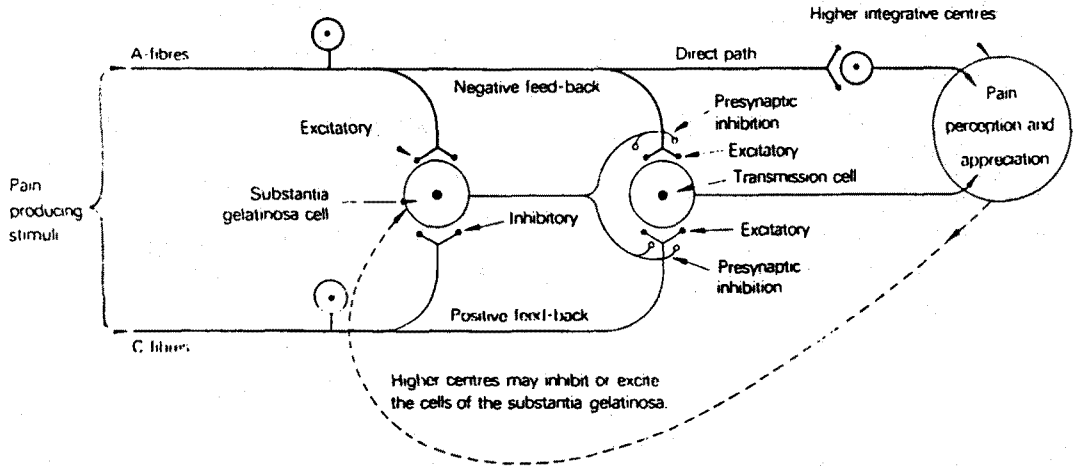


Fig. 6. Possible central connection of fibers conveying the sensation of pain (Bowman and Rand : Textbook of Pharmacology, 2nd ed. Blackwell, 1980)

## 2) 中樞의 "opiate system"

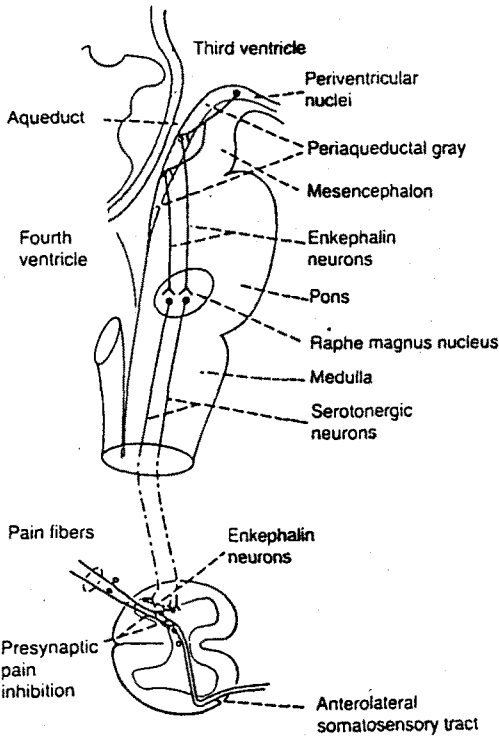
Morphine은 오랜 역사를 통해서 진통제로서 사용해 왔으나, 근래에 와서 "analgesia system"에 대한 작용이 밝혀졌다. III뇌실의 주변핵 또는 PAG에 극히 소량의 morphine을 투여하면 현저한 진통효과를 나타냄을 알게 되었으며 척수후각에서도 이런 효과가 있다고 한다. 이 "analgesia system"에는 "opioid receptor"가 있고 생리적으로 존재하는 많은 "opioid substance"가 있으며 자주 거론되는 이 물질을 열거하자면  $\beta$ -endorphin, met-enkephalin, leu-enkephalin, dynorphin등이다.

## 3) Acupuncture와 Electrical Transcutaneous Stimulation

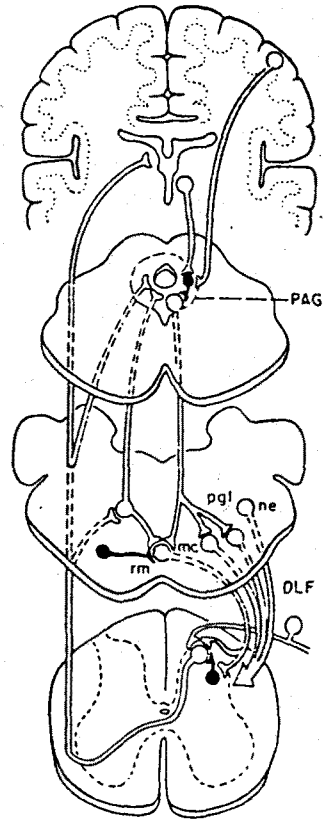
4000년 역사를 가진 동양에서 시행해 왔던 침술(acupuncture)이 진통효과를 나타낸다는 사실은 분명하다. 그러나 이에 의한 진통기전에 대해서 많은 연구가 있으나 아직도 명확하지 않다. 침술로서 전달되는 감각신경섬유의 흥분은 "opiate substance" 즉 endorphin, enkephalin등의 분비증가를 일으키고 opiate의 길항제인 naloxone에 의하여 차단된 것으로 미루어 보아 opiate system에 대한 작용으로 추리되고 있으나, "neural analgesia system"과 척수후각 "gate control system"에 대한 작용도 배제할 수 없

는 듯하다.

Transcutaneous electrical stimulation은 서양에서 시도한 방법으로서 진통효과를 기대한 것이다. 이는 피부 및 근육을 전기적으로 자극하는 방법이며 전기강도 및 빈도를 용이하게 조절할 수 있어 편리하다. L-fiber를 전기적으로 흥분시켜 척수후각에서의 통각impulse를 차단하려는 시도이며, pain의 gate control을 입증하려는 방법으로 사용되어 왔다. "Electroacupuncture analgesia"의 작용기전에 관해서는 Promeranz 및 Cheng 학설(1979)이 보다 돋보이므로 이에 대해서 설명하자면 다음과 같다. Electroacupuncture는 근에 분포된 감각섬유를 통해서 뇌간(brain stem) 또는 뇌하수체에 signal를 전달하여 endorphin을 유리시키고 이 물질이 순환혈액을 통해서 운반되어 척수후각, 중뇌 및 시상부 등에 작용하여 진통효과를 나타내는 한편, 근의 감각섬유를 통해서 PAG에 도달한 signal은 enkephalin neuron를 통해서 Raphe 핵을 흥분시키고 이곳에서 발생한 signal는 Lissauer tract(dorsolateral fasciculus)를 따라 척수후각에 도달하여 "presynaptic inhibition"에 의하여 통각섬유의 흥분을 차단한다는 학설이다. 보다 간단히 요약하면 "Electroacupuncture"는 여러가지 "pain-modulating system"에 관여한다는 학설이다(Fig. 9).



**Fig. 7.** The descending pain-modulating system. An endorphin-mediated system originating in the periaqueductal-periventricular gray (PAG) projects to the nuclei raphe magnus (rm) and reticularis magnocellularis (mc), and thence via the dorsolateral funiculus (DLF) to the spinal cord. Other bulbospinal pathways potentially relevant to analgesia arise from nucleus paragigantocellularis (pgl) and noradrenergic (ne) cell groups. The solid cells denote endorphin-containing interneurons. (Guyton: Textbook Medical physiology. 8th ed. Saunders, 1991)



**Fig. 8.** The descending pain-modulating system and ascending pain fiber system (Patton, Fuches, Hille, Scher, Steiner, Textbook of Physiology. 21st ed. Saunders, 1989), PAG, periaqueductal periventricular gray; rm, nuclei raphe magnus, mc, reticularis magnocellularis; DLF, dorsolateral funiculus; pgl, nucleus paragigantocellularis; ne, noradrenergic cell.

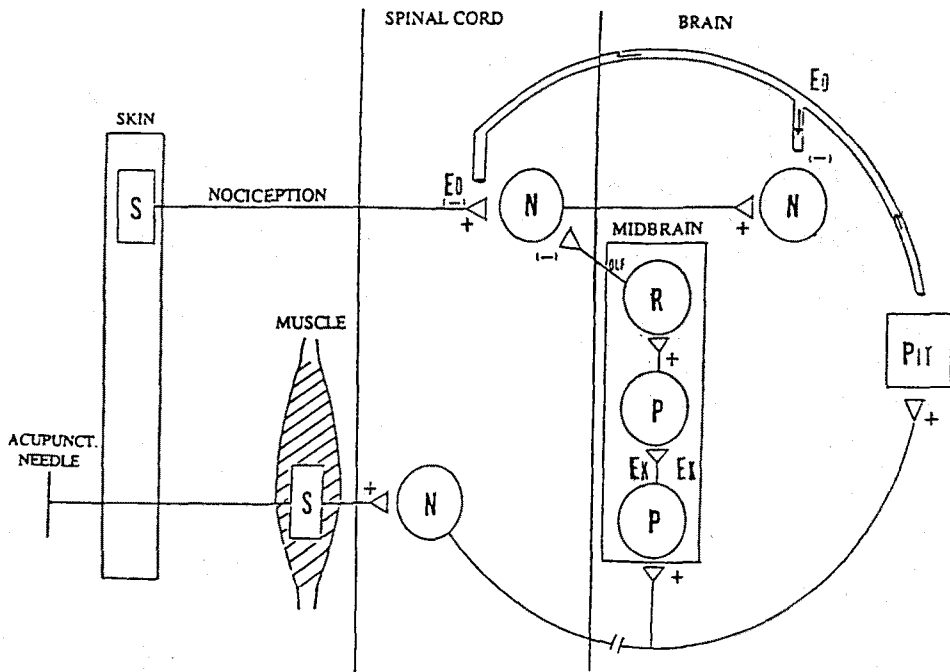
### 聯關痛의 發生機轉에 관한 諸學說

연관통의 발생기전에 대해서는 많은 학자들이 관심을 가져 왔으나 아직도 그 실태를 파악하지 못하고 있으며 몇가지 학설로 이를 설명하고 있는 실정이다. 그 이유는 여러가지 있겠으나 통각섬유의 흥분에 의한 impulse의 전도과정이 신경학적으로 분명치 않고 통각을 지표로하는 연구 방법이 미흡하기 때문이다. 이미 알려진 몇가지 학설을 설명하자면 다음과 같다.

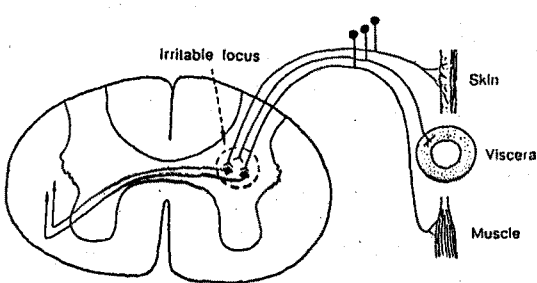
#### 1) 刺戟焦点說(Machenzie's irritable focus theory)

피부 및 근에서 분포된 통각섬유는 척수후각에서 시냅스를 형성하고 새로운 뉴런(2차 뉴런)이 척수시상로를 상행하나, 내장을 지배하는 통각섬유는 척수후각에 그치고 소위 척수 시상로를 형성하지 못하다는 것이다. 따라서 내장의 통각섬유의 흥분으로 발생한 impulse는 직접 시상 및 대뇌에 전달되지 못하고 척수후각에서 "irritable focus"를 형성하게 되므로 체성통각





**Fig. 9.** Working hypothesis for electroacupuncture analgesia. Needling of a sensory receptor (S) causes the central nervous system to stimulate the midbrain periaqueductal grey (P; PAG) or pituitary gland (Pit) to release endorphins. The pituitary endorphins (Ed) travel in the circulation to bind with opiate receptors on primary afferents in the spinal cord or on cells in the nociceptive line and hence block painful messages. In the midbrain enkephalins (Ek) act as neurotransmitters to cause the raphe nucleus (R) to send neural messages via the dorsolateral fasciculus (DLF; Lissauer's tract) to the spinal cord to block nociception, N, interneuron. (-), inhibition, (+), excitation. (Redrawn from Pomeranz and Cheng, 1979: Exp. Neurol. 64: 327-341)



**Fig. 10.** Schematic diagram illustrating possible connection of pain fibers at dorsal horn of the spinal cord in Mackenzie's irritable focus theory.

다. Wiggers(1936) 및 Hinsey등 (1940)은 이 학설을 수축촉통설(convergence-facilitation theory; 收束促痛說)로 호칭하기도 한다. 뿐만 아니라 일부학자들은 내장에서 상행한 impulse는 척수후각에 도달하여 척수시상로를 상행하는 한편 척수후각에서 역하연(subliminal fringe)를 형성하여 체성통각섬유의 척수시상로섬유의 역치를 저하시킨다고 한다. 그결과 체성통각섬유의 경미한 흥분도 촉통시켜 중추에 도달케 하며 체성영역에 통증을 일으킨다는 것이다(Fig. 10).

**2) 收束投射說(Ruch's convergence-projection theory)**

섬유는 경미한 흥분에도 "irritable focus"의 영향을 받아 체성통각섬유의 2차 뉴런 즉 척수시상로에 impulse를 보내서 체성영역에 통증을 일으킨다는 학설이

체성영역인 피부 및 골격근에서 들어오는 통각섬유와 내장에서 들어오는 통각섬유는 척수후각에서 각각 시냅스를 형성하고 2차 뉴런이 척수시상로를 상행하여

시상 및 대뇌피질의 감각영역에 도달함은 전술한 바와 같다. 척수후각을 중심으로 생각해 볼 때 체성영역과 내장에서 들어오는 통각섬유(1차 뉴런)의 수는 시냅스 후뉴런(2차 뉴런)의 수보다 많으므로 수축(convergence)되었다고 할수 있다. 그리고 체성영역에서 들어온 통각섬유의 수는 내장에서 들어온 통각섬유의 수보다 많고 일상생활에서 체성통각을 보다 많이 경험하고 있으므로 내회는 척수시상로로 통해서 전달되는 모든 통각정보가 체성영역에서 시작된 것으로 학습되어 있다는 학설이다. 따라서 내회는 내장의 통각섬유가 흥분하여 그 impulse를 척수시상로를 통하여 전달되더라도 마치 체성영역에서 시작된 것으로 간주된다는 것이다(Fig. 11).

연관통은 과거의 경험이 중요한 역할을 한다. 염증을 일으킨 복부내장에 발생한 통증은 보통 정중선에 투사되나 이미 복부수술을 받은 바 있는 환자는 다른 복부질환에 의한 통증이 때때로 과거의 수술창에 투사될 때가 있다. 상악동의 통증은 가까운 치아(teeth)에 투사됨이 상례이나 치아의 부상을 받은 바 있는 환자는 그 치아가 상악동에서 멀리 떨어진 곳일지라도 그 치아에 투사된다는 것이다.

만일 연관통의 발생이 수축투사로서만 야기된다면 체성영역의 procaine 마취로 영향을 받지 않아야 하고 "irritable focus" 효과로만 야기된다면 연관통은 procaine 마취로 소실되어야한다. 그러나 연관통이 심할 때는 국소마취제로 효과가 없으나 연관통이 경할 때는 이 마취제에 의하여 소실된다고 한다. 따라서 수축통설과 수축투사설만으로는 연관통의 발생기전을 설명할 수 없다.

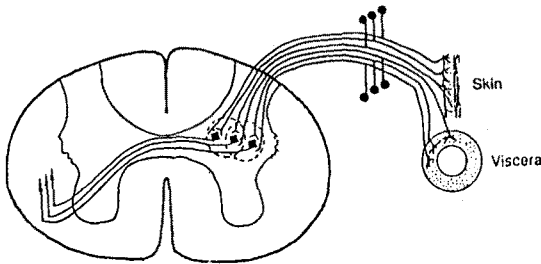


Fig. 11. Schematic diagram illustrating possible connection of pain fiber at dorsal horn of the spinal cord in Ruch's convergence-projection theory.

### 3) Brown의 새로운 견해(branching afferent theory를 중심으로)

Brown은 수축통설과 수축투사설에 의한 연관통도 일어나고 기타 작용으로서 "branching afferent theory"에 의한 연관통도 야기된다는 것이다. 수축통설과 수축투사설에 대해서는 전술한 바 있으므로 "branching afferent theory" 만을 설명하면 다음과 같다. 신경해부학적으로 피부 및 골격근에 분포된 통각섬유는 측지를 통해서 내장에도 분포되어 통각섬유서로 그 기능을 발휘하고 있다는 것이다. 즉 체성영역 즉 피부 및 골격근에 분포된 통각섬유와 내장에 분포된 통각섬유는 동질의 신경섬유로서 서로 연결이 되어 있으며 척수후근에 이르러서는 서로 합하여 척수후각에 들어오며 여기서 시냅스를 형성하여 척수시상로를 이룬다는 것이다. 따라서 내장의 통각섬유가 흥분하게 되면 그 impulse는 중추로 전달하는 한편, 측지를 통해서 연결되어 있는 체성영역(피부 및 골격근에 impulse의 역방향전도(antidromic conduction)를 일으켜서 화학적물질(substance P)를 유리하여 체성영역

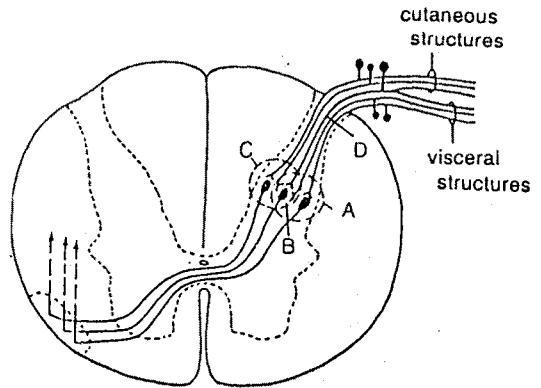


Fig. 12. Anatomical bases of referred pain due to branching afferent theory, C, neuron pool excited by cutaneous nociceptors; A, neuron pool excited by visceral nociceptors; B, a neuron excited or facilitated by afferents from both sources; D, primary afferent nociceptive axon branch, with some branches innervating visceral structures and skin. Excitation or facilitation of neurons such as B would lead to referred pain (Patton, Fuchs, Hille, Schner and Steiner: Textbook of Physiology, 21st ed. Saunders, 1989)

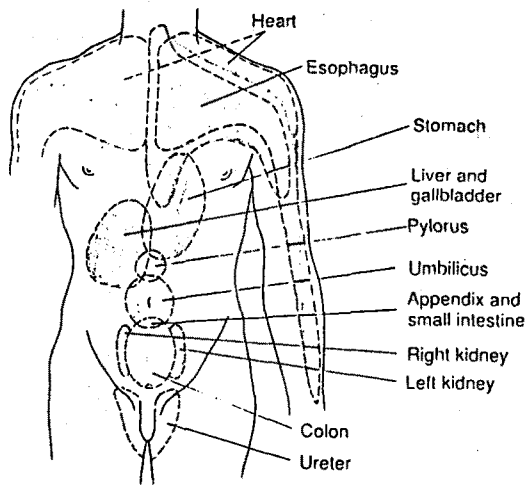


Fig. 13. Surface area of referred pain from different visceral organs. (Guyton : Textbook of Medical Physiology, 8th ed. saunders, 1991)

의 통각섬유를 흥분시킨다는 새로운 학설이다(Fig. 12, 13).

이 학설을 입증하는 실험적 근거가 아직 미약하나 Langley는 일찌기 자율신경계에 대한 체계를 정립할 때 이와 같은 신경해부학적 특성을 지적한 바 있다. 즉 내장을 지배하는 감각섬유는 체성신경의 감각신경과 동질의 섬유이며 체성감각섬유가 축지를 내장에 보내서 내장감각에 관여하니 순수한 자율신경은 운동신경(원심성 신경)에 국한시켰다. 따라서 자율신경은 내장 운동신경지배(visceral motor innervation)만을 취급했던 것이다. 내장에 통각이 있으니 감각신경섬유가 있음은 분명하나 이 신경섬유는 고유한 자율신경의 감각섬유가 아니고 체성신경의 감각섬유가 축지를 보내어 내장감각에 관여한다는 견해를 제시했던 것이다. 이와 같은 견해에 대해서 많은 학자들의 이목을 집중시켰으나 금일에 있어서는 내장의 지배하는 통각섬유의 특성이 어쨌든간에 내장감각에 관여하니 자율신경계에도 감각섬유가 있는 것으로 취급되고 있는 실정이다. 그러나 Langley에 의한 자율신경개념이 보다 정확할 것으로 사료된다. 뿐만 아니라 Sinclair 등(1948)도 내장 통각섬유의 자극에 의한 impulse가 체성영역의 분지(cutaneous branch)에 "antidromic conduction"을 함을 보고한 바 있다. 이와 같은 Langley의 견해와 Sinclair 등의 보고를 참작할 때 여기서 말하는

소위 신경해부학적 "branching afferent"는 분명한 듯하고 이에 입각한 연관통의 발생기전도 진일보한 훌륭한 학설이라고 사료되나, 보다 많은 실험적 근거가 요구된다.

## 참 고 문 헌

- 1) Ammons WS, Girardot N.MN, Foreman RD : *Periventricular gray inhibition of thoracic spinothalamic cells projecting to medial and lateral thalamus. J Neurophysiology* 55 : 1091-1103, 1986
- 2) Bourgoin S, Oliveras JL, Bruxelles J, Hamon M, Besson JM : *Electrical stimulation of the nucleus raphe mangus in the rat. Effects on 5-HT metabolism in the spinal cord. Brain Rev.* 194 : 377-389, 1980
- 3) Bowman WC, Rand MJ : *Textbook of pharmacology. 2nd ed. Blackwell, Oxford, 1980*
- 4) Erlanger J, Gasser HS : *Electrical signs of nervous activity. University of Pennsylvania press, Philadelphia, 1937*
- 5) Fields HL, Basbaum AL, Clanton CH, Anderson SD : *Nucleus raphe magnus inhibition of spinal cord dorsal horn neuron. Brain Res* 126 : 441-453, 1977
- 6) Fox EH, Merzack R : *Transcutaneous electrical stimulation and acupuncture: comparison of treatment for low back pain. Pain* 2 : 141-148, 1976
- 7) Ganong WF : *Review of Medical Physiology, 14th ed. Lange, 1989*
- 8) Giesler GJ, Liebeskind JC : *Inhibition of visceral pain by electrical stimulation of the periaqueductal gray matter. Pain* 2 : 43-48, 1976
- 9) Guyton AC : *Textbook of Medical Physiology, 8th ed, Saunders, 1991*
- 10) Haynes R, Price DD, Dubner R : *Naloxone antagonism as evidence for narcotic mechanisms. Science* 196 : 600, 1977
- 11) Hinsey JC, Phillips RA : *J Neurophysiol* 3 : 175-181, 1940
- 12) Kandel E, Schwartz JH : *Principles of Neural Science. 2nd ed. Elsevier, New York, 1985*
- 13) Kelly DD : *Central representation of pain and analgesia. In Kendel, E.R. and Schwartz, J.H. (eds): Principles of neural science, Elsevier, New York, 1986*

- 14) Kuntz A : *The Autonomic Nervous System*. 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1947
- 15) Mackenzie J : *Symptoms and Their Interpretation*. 2nd ed. London, Show and Sons, 1912
- 16) McLennan H, Giefillan K, Heap Y : *Some pharmacological observation on the analgesia induced by acupuncture in rabbits*. *Pain* 3 : 229-238, 1977
- 17) Melzack R, Wall PD : *Pain mechanism, a new theory*. *Science* 150 : 971-979, 1965
- 18) Pomeranz B : *Brain opiates at work in acupuncture ?* *New scientist* 87 : 12-13, 1977
- 19) Pomeranz BH, Cheng R : *Suppression of noxious responses in single neurons of cat spinal cord by electroacupuncture and its reversal by the opiate antagonist naloxone*. *Exp Neurol* 64 : 327-341, 1979
- 20) Pomeranz BH, Cheng B, Law P : *Acupuncture reduces electrophysiological and behavioral responses to noxious stimuli : Pituitary is implicated*. *Exp Neurol* 54 : 172-178, 1977
- 21) Pomeranz BH, Chiu D : *Naloxone blocks acupuncture analgesia and causes hyperalgesia : Endorphin is implicated*. *Life Sci* 19 : 1757-1762, 1976
- 22) Ranson SW, Clark SL : *Anatomy of the Nervous System*, Saunder, Philadelphia, 1958
- 23) Reynolds DV : *Surgery in the rat during electrical analgesia induced by focal brain stimulation*. *Science* 164 : 444-445, 1969
- 24) Ruch TC, Patton HD : *Pathophysiology of pain*, 345-363. In : *Physiology and Biophysics*. 19th ed. Philadelphia and London, Saunders, 1965
- 25) Ruad MA : *Opiates and pain pathway : Demonstration of enkephalin synapses on dorsal horn projection neurons*. *Science* 215 : 1523-1525, 1982
- 26) Sinclair DC, Weddell G, Feindel WH : *Brain* 71 : 184, 1984
- 27) White TC, Smithwick RH, Simeone FA : *The Autonomic Nervous System : anatomy, physiology and surgical application* 3rd ed. New York, Macmillan, 1952
- 28) Wiggers CJ : *Chapter 6 in Levy, R.L., ed. Disease of the coronary arteries and cardiac pain*. New York, Macmillan, 1936
- 29) Willis WD : *Control of nociceptive transmission in the spinal cord*. In : *Ottoson D. (ed) Progress in sensory physiology*. Vol 3, Springer-Verlag, Berlin, 1982