

## 針灸刺激の末梢受容機序における ポリモーダル受容器の役割

明治鍼灸大学 生理学教室  
川喜田 健 司

### Role of Polymodal Receptor in Peripheral Mechanism of Acupuncture and Moxibustion

KAWAKITA Kenji

*Department of Physiology, Meiji College of Oriental Medicine*

Key Words: 針灸 Acupuncture and Moxibustion, ポリモーダル受容器 Polymodal Receptor, 圧痛点 Tender Points, 感作 Sensitization, ツボ Acupuncture Loci, 局所炎症 Local Inflammation

#### I はじめに

針刺激の鎮痛効果についてはすでに数多くの研究がなされており、その中枢機序に関する総説もいくつか発表されている<sup>1,2,3,4,5</sup>。しかし、これまでの針鎮痛の基礎的研究において、針通電刺激と経皮的神経刺激 (TENS: transcutaneous electrical nerve stimulation) や末梢神経束の電気刺激の方法上の違い、またそれらの電気刺激法と針の機械的刺激との関係について十分に検討されてきたとは言い難い。針通電刺激法や神経束の電気刺激法などで得られた結果から類推されることは、末梢機序における神経線維の種類であり、特定の求心性神経線維を刺激したときの鎮痛効果発現の中枢機序の解明のためには役立つ方法であるが、ツボの問題を考える上では適当な方法ではない。また、それらの電気刺激を針灸刺激と同一視することには問題が多い。

鍼灸医学を確立するうえにおいて重要な問題は、鍼灸刺激の質を十分に考慮し、単に針鎮痛にとどまらず、より広範な生体機能に対する効果を研究してゆく事であろう。針刺激、灸刺激とは何であるかを明確に規定することは容易なことではない。本稿では針刺激は細い金属針で皮膚を貫き深部組織まで刺入する機械的刺激、灸刺激はモグサと呼ばれる植物の線維を皮膚上で燃やす熱刺激と考え、議論を進めてゆくことにする。両者の物理的性質は大きく異なっているが、臨床的には、針灸を併用する臨床家だけではなく針または灸のみを用いる臨床家もあり、それぞれが共通する刺激部位としていわゆるツボを利用して患者を治療しているのが現状である。言い換えれば、同一の刺激部位に対して両刺激がよく似た効果をもたらすと考えられる。

熊澤は、鍼灸刺激に共通する受容器として侵害

受容器の一種であるポリモーダル受容器 (polymodal receptor) を挙げ、針鎮痛の機序をポリモーダル受容器を入力とするネガティブフィードバック (negative feedback) 系の賦活であるとする仮説を提唱している<sup>6)</sup>。その仮説に基づく我々の一連の研究もその妥当性を強く示唆している<sup>7,8,9)</sup>。このポリモーダル受容器の針灸刺激時の役割及びツボの特性との関連性については、これまで数年にわたり全日本鍼灸学会のワークショップで討論されており、その論旨はすでに発表されている<sup>10)</sup>。本稿は、針灸刺激のポリモーダル受容器説ともいうべき仮説について、その根拠などをより分かりやすいように図を加えて解説したものである。

## II ポリモーダル受容器とは何か

### —その形態学的、機能的特徴—

ポリモーダル受容器は、その名前のごとく多くの (poly) 種類 (modality) の刺激に応じる受容器である。一般に受容器は、その刺激に対する応答性によって分類されている。機械刺激 (触、圧、ピンチ) に反応するものを機械受容器 (mechanoreceptor)、化学刺激に反応するものを化学受容器 (chemoreceptor) と呼ぶように、それぞれの刺激の種類によって反応する受容器の種類が異なるのが一般的である。しかし、このポリモーダル受容器は、機械、熱及び化学 (発痛物質) 刺激のいずれにも応答する受容器である。この受容器が発見された当時は、おもに皮膚で研究がすすめられており、その受容器の支配神経が無髄神経であったことから C polymodal nociceptor と命名されていた<sup>2)</sup>。しかし、その後の研究によって、この受容器の刺激-反応特性は、純粋な侵害受容器とは異なり非侵害的な刺激強度においても興奮すること<sup>12)</sup>、また、深部組織においては有髄の細径線維 (A $\delta$  fiber) にも支配されていることが明らかになっている<sup>13,14)</sup>。

図1はイヌの筋に分布するポリモーダル受容器から単一神経線維の活動電位を記録したものである<sup>13)</sup>。図に示されるように筋のポリモーダル受容

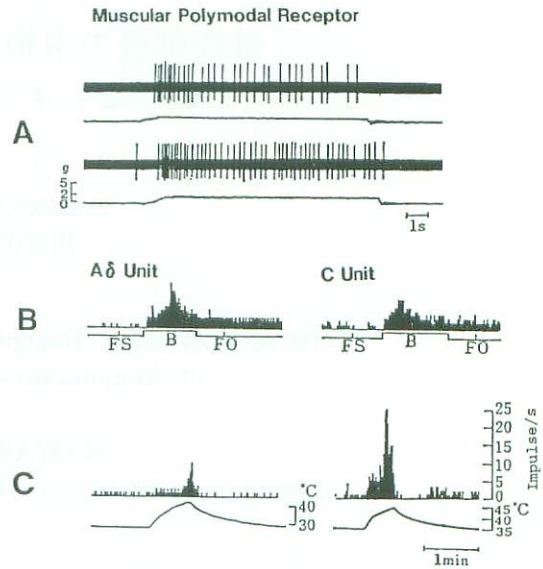


図1 筋のポリモーダル受容器の反応特性

筋のポリモーダル受容器では、細径有髄線維 (A $\delta$ ) と無髄線維 (C) の間に違いは認められない。(引用文献12より改図)

器は機械、化学 (bradykinin の動脈注入) および熱刺激によって著明に反応している。その受容野は直径数mmの点状である。そして無髄神経線維 (C fiber) と細径有髄神経線維 (A $\delta$  fiber) に支配される受容器の反応性に違いが見られないことが特徴であり、さらには筋の細径求心性線維の大部分はポリモーダル受容器由来と考えられている<sup>13)</sup>。

この受容器の微細構造やその分布様式に関しては不明な点が多いが、現在までのところ形態学的に際だった特徴を持たない自由神経終末を構成し<sup>14)</sup>、全身にわたって皮膚、筋、筋膜、内臓などの諸組織に存在することが明らかとなっている<sup>12,13,15)</sup>。

この受容器は、繰り返し刺激によって反応性の増大 (感作: sensitization)、減少 (不活性化: deactivation) が見られ、正確な侵害情報を伝えるには不適当な受容器と考えられている<sup>16)</sup>。一方、ポリモーダル受容器は炎症時に生成される種々の

化学 mediator (プロスタグランディン: prostaglandins 等) によって顕著に感作されることから、炎症時の疼痛と関連があることが指摘されている<sup>16)</sup>。

またこの受容器は、感覚受容器として痛覚情報を伝えるだけでなく、効果器としての働きを持つことが明らかとなっている。この受容器が興奮すると受容器末端から伝達物質である Substance P もしくはカルシトニン遺伝子関連ペプチド (CGRP) が放出され、血管の透過性が高まり血漿蛋白が漏出し、神経性炎症 (neurogenic inflam-

mation) が引き起こされると考えられている<sup>16, 17)</sup>。このような、ポリモーダル受容器の効果器としての働きは、受容器の機能とは相容れないものであり、この受容器がきわめて未分化であること示唆している<sup>16)</sup>。

一方、ポリモーダル受容器の活動が自律神経系や内分泌系と密接に関連していることが知られている<sup>18, 19, 20)</sup>。図2はイヌの深部組織のポリモーダル受容器を各種の化学刺激物質で興奮させた時の受容器からの求心性線維と、呼吸系の出力である換気量の関係を調べたものである。図に見られるようにポリモーダル受容器の興奮性の増大と反射性の呼吸活動の促進にはきわめて密接な相関が認められる。また、筋の細径線維の条件刺激が呼吸、循環系に強い修飾作用をもたらすこと<sup>19, 20)</sup>、またポリモーダル受容器の適刺激と考えられる炎症を起こした関節の機械的刺激が血圧、心拍数などの自律神経系や内分泌系に大きな影響を与えることなども報告されている<sup>21, 22)</sup>。

これらのポリモーダル受容器の特性から、この受容器は体性感覚系というよりはむしろ自律神経系、内分泌系への入力として働いている可能性が高いものである。

### III ツボとは何か

#### — 圧痛点との関連性について —

針灸刺激の受容機序を考えた場合に最も重要な問題の一つでありながら、今もって不明のまま残されているものにツボの問題がある。ツボに関してはこれまでいくつかの仮説が報告されているが、いずれも十分な実証的、実験的裏付けのあるものではない。これまでの形態学的な知見を総合すると、ツボに比較的神経、血管が密に分布していることは認められているが、ツボに特異的な構造物があるとする説には批判が多い<sup>23, 24, 25, 26)</sup>。また、その機能的な特性については、圧痛点との関連を指摘するものの他、反応点として皮膚の通電抵抗の減弱、温度あるいは湿度等の周囲組織との違いも挙げられているが、その詳細については不明な点が多い<sup>27, 28, 29, 30)</sup>。

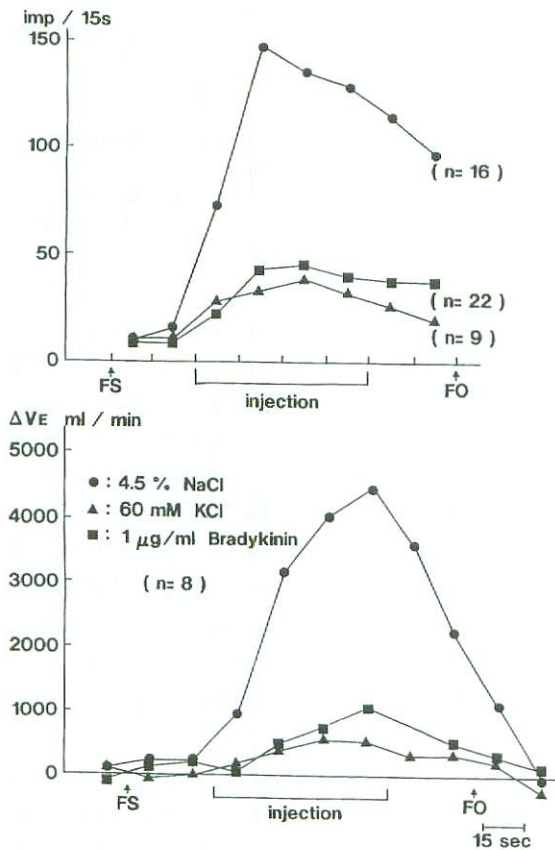


図2、筋のポリモーダル受容器の化学刺激に対する反応と呼吸反応の比較

各発痛物質の動脈内投与 (5 ml) により、筋のポリモーダル受容器は反応を示すが、その反応の時間経過と程度は換気量の変化に極めてよく一致している。(引用文献18より改図)

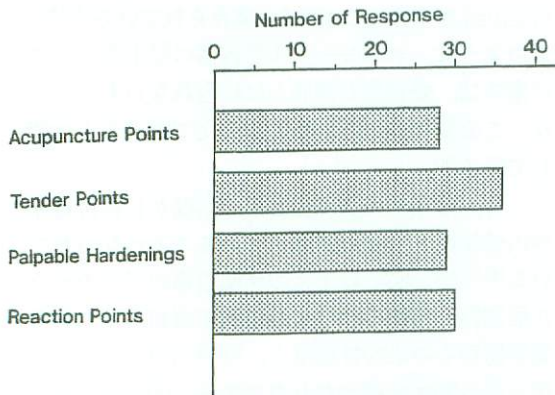


図3 ツボと圧痛点、硬結、反応点に関するアンケート調査結果

60名の鍼灸師に臨床で治療点を何処にとるか、重複を認めた回答を求めたもの。いわゆるツボ以外にも、圧痛点、硬結、反応点が日常臨床で繁用されていることは明らかである。(引用文献31より改図)

そこで、実際の臨床で鍼灸刺激を行なう部位が、何を指標として決められているか調査した結果の一部を図3に示す。このアンケート調査は、我々が全日本鍼灸学会研究委員会基礎班のワークショップにおいて60名の鍼灸師を対象に実施したものである<sup>31)</sup>。その結果、いわゆる経穴と呼ばれる部位が刺激部位として絶対的な意味を持つものではなく、圧痛点、反応点等もいわゆる経穴とほぼ同等の頻度で日常臨床に用いられていることは注目し値する。いいかえれば、圧痛点や反応点が、古典で経穴と呼ばれる部位やその近傍に出現しやすいことを示唆するものと言えよう。これは過去の調査とも一致する結果である<sup>32)</sup>。

圧痛点とツボの関連について、中国の文献にも、圧痛点を阿是穴と呼びツボの一種として用いていることが記載されている<sup>33)</sup>他、Melzackらは筋筋膜疼痛症候群(Myofascial Pain Syndrome)の患者に現れるトリガーポイント(trigger point)の出現部位が、71%という高い率でいわゆる経穴部位(直径3cm)に一致したと報告している<sup>27)</sup>。Trigger pointと称される部位は単なる圧痛点ではなく、特定のパターンを示す関連痛の出現、触

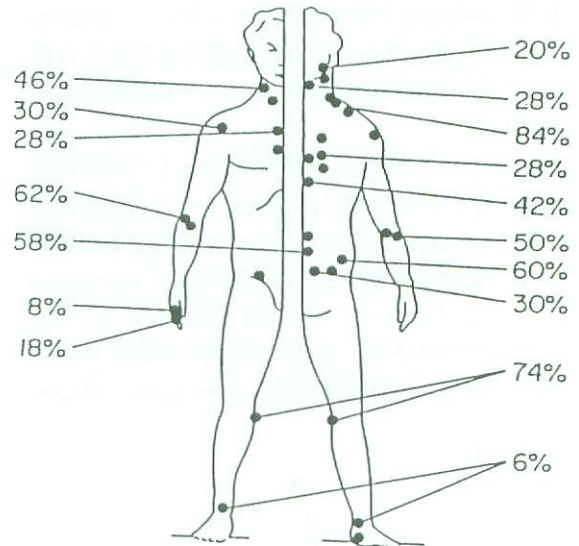


図4 Fibrosist/Primary Fibromyalgiaの患者に現れる圧痛点の分布

圧痛点の出現部位は、ツボのそれと類似しているものが多く認められる。図中の数字はその出現頻度を示す。(引用文献36より改図)

知出来る帯状の硬結(palpable band)の存在、局所収縮反応(local twitch response)の発現などがその特徴とされている<sup>34)</sup>。このtrigger pointという概念は、ツボを考える上にも大変興味深いものであるが、その生成機序には未だ不明な点が多い。一方、結合織炎(fibrositis, fibromyalgia)等の筋痛を主訴とする症例においても特定の部位に圧痛点が出現し易いことが報告されている<sup>35,36)</sup>。図4はfibromyalgiaの患者50名に現れた圧痛点の出現頻度を図示したものである。圧痛点の出現部位の詳細は不明であるが、その多くの部位はツボの部位と一致しているように思われる。これらの鍼灸医学とは無縁と考えられる診断体系の中にも、ツボによく似た部位に圧痛点が見いだされることは、人体の中に圧痛点の出現パターンが備わっていることを示唆するものである。

いずれにしても、圧痛点の生成の原因としては局所炎症による痛覚受容器の感作が挙げられている<sup>37)</sup>。過度の運動や内臓疾患時の筋性防御は、筋

の持続的収縮、筋線維や結合組織の損傷をもたらす。組織の損傷で生じた局所炎症過程で産生される prostaglandin 等の種々の chemical mediators のために痛覚受容器（特に深部組織においてはポリモーダル受容器）の感受性が高まり、閾値が低下し通常なら痛みと感じない圧刺激で痛覚を覚える部位、すなわち圧痛点が形成されると考えられる。

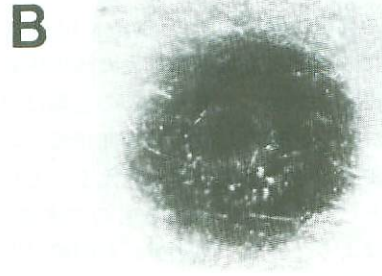
このようにツボの一つの特徴と考えられる圧痛点の生成の機序にポリモーダル受容器が関与する可能性が高いことは、針灸刺激とポリモーダル受容器の関連を考えるうえで興味深い事実である。

#### IV 針灸刺激とポリモーダル受容器の関連

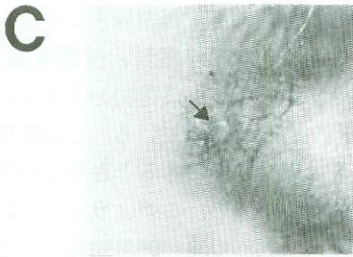
針灸刺激時の求心性入力を神経生理学的手法で解析した研究によれば、ネコの筋には針刺激や圧刺激に応じ、刺激後も持続の長い後発火を示す無髄神経線維や 針の筋への刺入、高張食塩水の注入、および筋の強縮で発火頻度を増す細径有髄神経 (Group III) の存在することが知られている<sup>38,39)</sup>。筋からの細径線維受容器の大半はポリモーダル受容器と考えられており、上述の受容器はポリモーダル受容器である可能性は極めて高いものである<sup>12)</sup>。また、筋の単収縮 (twitch) や強縮 (tetanic contraction) が起こっている状態で、細径線維受容器が興奮することもよく知られてお



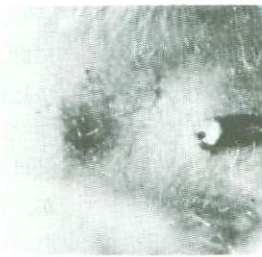
A Needle Manipulations (after 30 min)



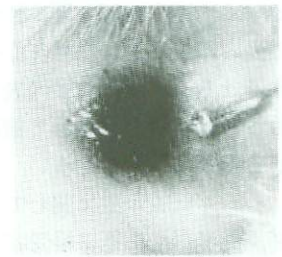
B Moxibustion (10mg, after 3 hrs)



(after 5 min)



(after 30 min)



(after 3 min)

Heat stimlus (60°C, 10 sec)

図5 針灸刺激で誘発される血漿漏出

Evans blueを静脈内に注入したラットに針灸刺激を加えその後の血漿漏出の程度を写真撮影したもの。針灸刺激が著明な血漿漏出を惹起し、時間経過と共に炎症反応が進行していくことは明らかである。(引用文献9より改図)

り<sup>40,41</sup>、針通電刺激の条件とその求心性神経の関連を考える上で極めて重要な点である。

一方、灸刺激を熱刺激の一種として考えると、その反応性に関する実験データは膨大なものがある。そのおもなものは皮膚のポリモーダル受容器であり、そのほかにも、熱侵害受容器、温度受容器、感作された高閾値機械受容器が興奮している可能性がある<sup>11</sup>。その中でも皮膚のポリモーダル受容器は、繰り返し刺激によって閾値が低下したり反応性が増加する感作現象が起こることが知られており<sup>16</sup>、灸刺激の場合の同一部位に繰り返し施灸する手技<sup>42</sup>と対応する大変興味深い性質である。

また、鍼灸刺激によって組織の機械的損傷や火傷を生じることがよく知られている。図5は、除毛したラットの静脈に青い色素の Evans blue を注入し、皮膚に針刺激、灸刺激を加えた後の色素の漏出を写真撮影したものである。この色素は血漿蛋白のアルブミンと結合し炎症時の血漿蛋白の血管外漏出によってその部位が青く見えることから炎症の指標としてよく用いられるものである。図にも明らかのように針灸、熱刺激とも明瞭な血漿漏出、局所炎症を引き起こしている<sup>9</sup>。また、針通電に刺激によって筋にも同様の炎症反応が起こることが確認されている。この局所炎症によって、ポリモーダル受容器が直接刺激されるばかりでなく、感作されて興奮性が高められ、さらにこの受容器自身が神経性炎症の原因となることを考え併せると、皮内針に代表されるような微弱と思われる針刺激がきわめて顕著で持続的な効果が生じることを理解しやすい。

一方、鍼灸刺激に関しては、単に筋のポリモーダル受容器や細径線維受容器ばかりでなく皮膚や深部組織の太い神経線維に支配される機械受容器も興奮することが報告されている<sup>43,44</sup>。しかし鍼灸刺激の機械的意味を考慮する事なく、単に活動電位の増加が認められたことをもって、それらの機械受容器も鍼灸刺激の受容器として機能しているとするには問題がある。

## V 鍼刺激で誘発される諸現象

針刺激時に生じる独特の感覚は、得気と呼ばれ、鎮痛効果や治療効果を発現させる為にはきわめて重要とされている<sup>4,33,45,46</sup>。この得気は酸脹重麻の4つの種類に区別されているが、それぞれを特定の組織構造に対応させることには困難がある<sup>47</sup>。一方、得気発現時の求心性活動電位を微小神経電図法 (Microneurography) で調べた報告がいくつかある<sup>43,44</sup>。ヒトの深部組織に受容野を持つ A  $\delta$  線維ニューロン活動を記録しながら針刺激を加えると、この神経線維の興奮とその時の被験者の感覚はよく対応し、その感覚は性質は得気に似た鈍い深部痛覚であったとしている。この単一神経放電は bradykinin の筋注に应答することからポリモーダル受容器と考えられている<sup>48</sup>。得気感覚が深部痛覚に近い性質であることは、脊髄損傷の患者において深部痛覚の脱失例に顕著な得気の減弱、消失がみられること<sup>49</sup>、また阻血によって有髄の太い神経線維の伝導遮断を行なった際、深部痛覚と共に得気が最後まで残っていることから推察されている<sup>50</sup>。

一方、ヒトでツボと呼ばれる部位に針を刺入してゆくと、手下感と呼ばれる感覚が刺入部位の皮膚におかれた施術者の指に一種の筋緊張の変化として感知され、この手下感の大きさと被験者の得る得気の大きさに相関があることが報告されている<sup>51</sup>。また絶縁した針電極を記録電極としてツボに刺入してゆくと局所的な筋放電 (穴位筋電図) が記録できる場合があり、この筋電図の大きさと得気の間にも相関があるとされている。この筋電図は脊髄を介する反射性電位であるとされているが、詳細には不明な点が多い。このように、針刺激時の現象には単に受容器の直接刺激効果だけではなく、脊髄反射を含んだ筋収縮時の細径線維受容器の二次的興奮もその発現に関与していることは明かである<sup>52,53</sup>。また、鍼灸刺激が軸索反射による神経性炎症を引き起こしフレアー (flare) を生じること、鍼灸刺激の作用機序を考える上で重要である。

VI 針鎮痛の末梢機序と

ポリモーダル受容器の役割

これまでの針鎮痛の研究において、2~10Hzの末梢神経の低頻度電気刺激では、耐痛閾値直下の強い刺激で顕著な鎮痛効果が得られている<sup>54,55</sup>。また動物実験でも、侵害性ニューロンに対する末梢神経の条件刺激の抑制効果はAβ線維よりAδ、C線維を興奮させた時の方が強いことが知られている<sup>56</sup>。一方、熱刺激、化学刺激（高張NaClの筋注、bradykininの動注）のような自然刺激により細径線維受容器を興奮させると、強い電気刺激時と似た鎮痛効果が生じることも知られている<sup>7,8</sup>。図6はその例を示したもので、麻酔下のラットの開口反射時の誘発筋電図を指標とし、皮膚や筋にポリモーダル受容器の選択的条件刺激を加えた時の抑制効果を調べたものである。いずれ

の刺激においても刺激強度に依存して鎮痛効果は増大している。また、筋刺激の方が、刺激強度の低い場合は皮膚刺激より効果が高い傾向を示している。一方、針鎮痛に関与する求心性入力 of 脊髄上行路は、痛覚や温度感覚と共通する前側索とされていることも、針鎮痛の末梢機序と痛覚系の入力との密接な関連を強く示唆している<sup>57</sup>。

痛覚刺激によって鎮痛が発現することは臨床的には古くから知られており、counter irritationあるいはhyperstimulation analgesiaと呼ばれている<sup>55,58</sup>。また、DNIC (diffuse noxious inhibitory control)と呼ばれる現象も知られている<sup>59</sup>。この現象は、脊髄後角や三叉神経脊髄路核の広作動域ニューロン(WDR: wide dynamic range neuron)が全身の皮膚、深部組織の侵害的な機械、化学及び熱刺激によって抑制されるといふものである。そのほかにも侵害性の刺激が鎮痛効果を生じる現象として、FSIA (foot shock induced analgesia)が知られている。グリッドを介して強い電流刺激をラット足底に与えると、その刺激パターンや、刺激部位の違いによってオピオイド、非オピオイドの関与するさまざまな鎮痛が発現することが報告されている<sup>60,61</sup>。

痛覚刺激によって痛覚を抑制する系が内因性に存在することは、脳内局所通電による鎮痛(SPA: stimulation produced analgesia)、モルヒネの脳内微量注入による鎮痛が、いずれも従来痛覚伝導路として考えられていた部位とよく一致して生じること、また神経解剖学的研究からも痛覚系に痛覚入力が痛覚を抑制するような回路が存在することからも強く示唆されている<sup>62</sup>。このことは、生体の持つ普遍的な制御機構の一つとして痛

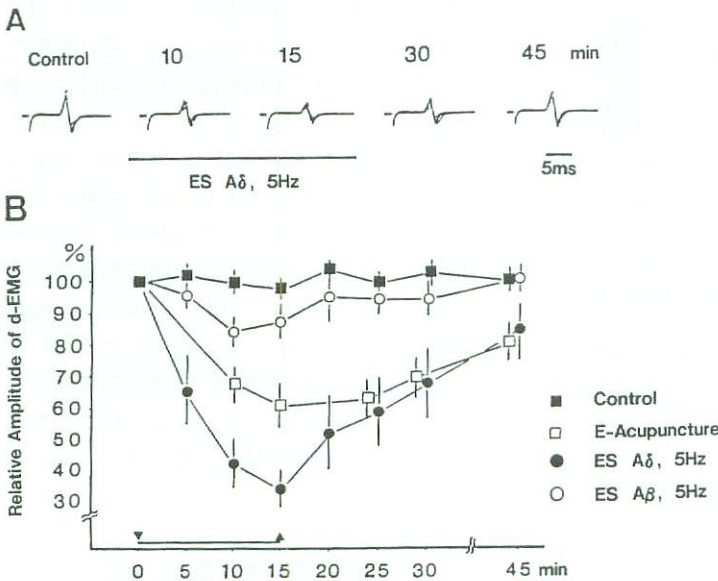


図6 針痛電刺激と神経束の条件電気刺激で生じる開口反射の抑制

A: 歯髓刺激で誘発される顎二腹筋の筋電図のAデルタ線維のみを三角波を用い刺激したときの誘発筋電図の抑制

B: 下肢筋の針痛電とAβ線維、Aδ線維の条件刺激の開口反射の抑制効果の比較

5Hz条件刺激ではAβ線維の刺激は無効で、Aδの選択的条件刺激が針通電刺激と同様に開口反射を抑制している。(引用文献64より改図)

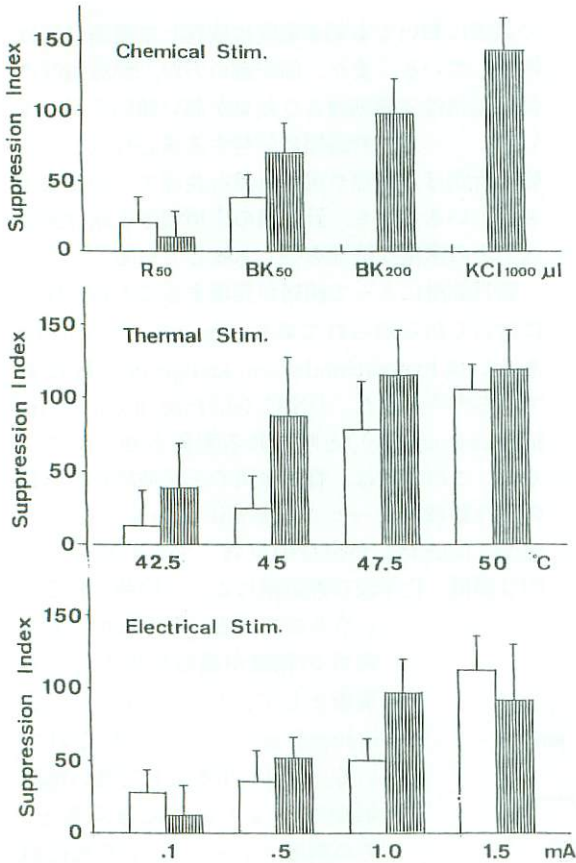


図7 開口反射に対する化学、熱、電気刺激の抑制効果

ポリモーダル受容器の刺激として皮膚、筋に化学 (BK: ブラジキニンや KCl: 120mM の皮内または筋注), 熱 (lesion generator を利用して60秒間加熱, 刺激面積は直径5mmの円状), 電気刺激 (針通電, 50Hz, 60sec) を刺激強度を変えて下肢に加えた時の開口反射に対する抑制度を示す。抑制指数は刺激開始後の30, 60, 120, 180秒後の抑制度を加算したものである。(未発表)

覚系にも negative feedback 系が存在することを示すといえよう。

一方、針鎮痛に関連しては経穴 A  $\beta$  線維説も提唱されている<sup>63)</sup>。この説によれば針刺激は有髄の比較的太い神経線維 (A  $\beta$  線維) を興奮させて鎮痛効果をもたらす、刺激部位としてのツボには A  $\beta$  線維が密に分布しているというものである<sup>44)</sup>。その根拠には、針通電刺激の強さと鎮痛の程度との関係から A  $\beta$  線維を興奮させた時と、それ以上に

刺激強度をあげて有髄細径線維 (A  $\delta$  線維) を興奮させた時に鎮痛効果に差がなかったことが挙げられている。しかし、太い神経のみを電気刺激するような弱い刺激強度においても、針通電刺激に伴う筋の筋収縮による Group III, IV の細径線維受容器が二次的に興奮していることは否定できない<sup>49, 50)</sup>。また、図7に示すようにラットの末梢神経束中の A  $\delta$  神経のみを三角波を用いた Anodal block 法により選択的に 5 Hz で低頻度条件刺激すると針通電刺激と類似した開口反射の抑制がみられるが、一方 A  $\beta$  線維の条件刺激では抑制効果は見られないことから A  $\beta$  線維のみが鎮痛効果発現に関与すると結論づけるには無理がある<sup>64)</sup>。またツボの部位に A  $\beta$  線維が多いとの所見も報告されているが<sup>44)</sup>、針刺激は必ずしも神経幹の直接刺激ではないので、それをもってツボと A  $\beta$  線維を関連づけることの論拠としては十分ではない。

末梢神経の経皮的通電刺激法 (TENS) はすでに臨床的に確立された鎮痛法の一つである<sup>51)</sup>。

そこで、針刺激を末梢神経の電気刺激に置き換えて解析する方法は、定量的であり一見科学的であるかのように見えるが、実際の針刺激との間には大きな隔りがある。電気刺激で直接細径線維を興奮させると、不可避的に太い神経を興奮させると共に極めて強い電流刺激が必要である。しかし、実際には弱い機械刺激でも細径線維受容器は興奮し得ること、また通電刺激時にも筋収縮に伴い細径線維受容器の興奮が起こっている可能性が高いことなど、針通電刺激の結果から末梢機序を解析するには十分な注意が必要である。

## VII 針灸刺激の受容器としてのポリモーダル受容器の役割

ポリモーダル受容器は、その反応特性からも明らかのように針刺激、灸刺激のいずれにも良く応答するものである。また深部組織のポリモーダル受容器の刺激が自律神経系、内分泌系に強い修飾作用をもたらすことから<sup>19, 20, 21, 22)</sup>、この受容器は



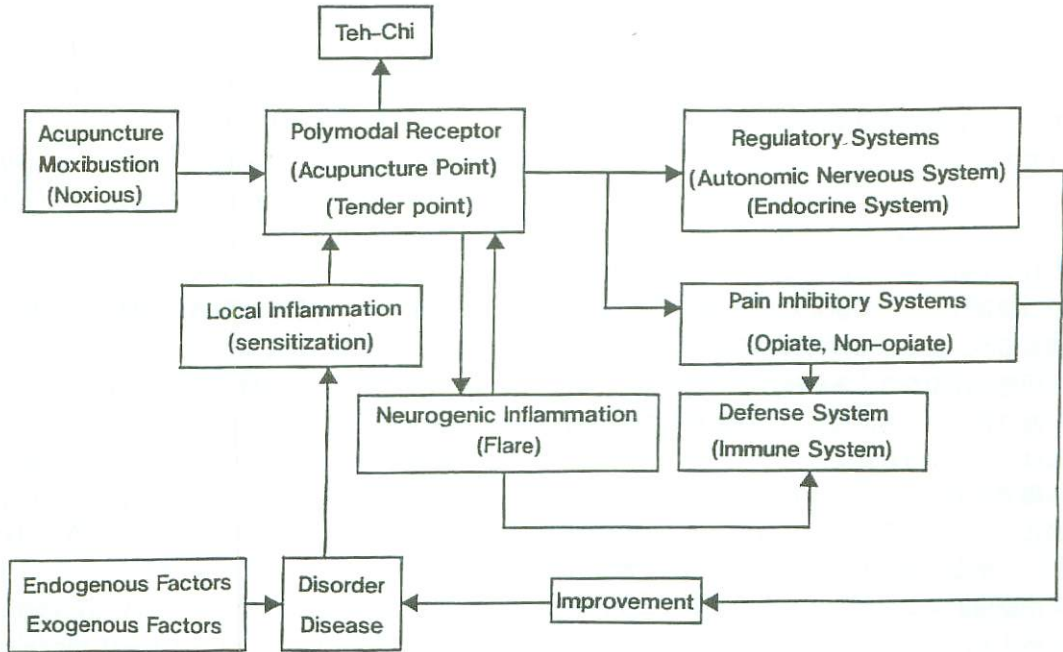


図8、針灸刺激のポリモーダル受容器仮説の概略をまとめたもの

体性感覚系というよりはむしろ自律神経系，内分泌系への入力として働いていることが推測されている<sup>18)</sup>。また，ポリモーダル受容器の選択的刺激が種々の内因性痛覚抑制系を賦活させて鎮痛を発現すること，さらに内因性オピエートは免疫系にも影響を与えていることが知られており<sup>65)</sup>，内因性鎮痛系や免疫系への入力としての可能性も極めて高いものである。一方，針通電刺激や神経の条件刺激が血圧降下作用や<sup>66, 67, 68)</sup>，内分泌器官の働きを促進することが知られている<sup>69)</sup>。また臨床的にも針灸刺激は単に鎮痛効果をもたらすばかりでなく，自律神経系や内分泌系，免疫系にも影響を与え，生体の調節機能を高める作用を持つとされる<sup>33)</sup>。この点においても針灸刺激とポリモーダル受容器刺激の効果には類似する面が多い。

さらに，神経性炎症の原因としてポリモーダル受容器の効果器としての働きが注目される。ポリモーダル受容器の興奮により一連の炎症過程を引き起こし得ることは，針灸刺激部位の周囲にフレ

アが生じることや，polymodal receptorの伝達物質と考えられている，Substance PやCGRPの静注によって生じる血流の増大と類似した現象が，針通電刺激で引き起こされることを無理なく説明出来るものである<sup>70)</sup>。

さらに，このポリモーダル受容器が形態学的には自由神経終末で，全身の皮膚，深部組織に見いだされることは，ツボの部位に神経，血管以外に特徴的な構造物は認められないこと，針灸刺激を加える部位は皮膚のみならず深部組織にまで及んでいることなどの事実との関連においても矛盾しないものである。

一方，ツボと圧痛点の密接な関連が指摘されているが，この圧痛点をポリモーダル受容器の感作している部位と考えると，ツボとして圧痛点を刺激部位に選ぶことは，このポリモーダル受容器の感受性が高い部位を選び，そこに針灸刺激を行うことで，より刺激効果を高めることを意味しており，針灸の臨床で言われるところの診断点即治療

点という一見現代医学的な立場からは不可解な治療方法も、理解出来るものである。

以上述べてきた、針灸刺激の受容器としてのポリモーダル受容器の役割についてまとめたものが図8である。

### VIII おわりに

これまで針灸医学の研究では、ツボや針灸刺激の持つ複雑性を全く考慮せず神経の電気刺激に置き換えるか、またはその特殊性を強調する余り解析不可能の印象を与える両極端のものが多く、針灸刺激の質とツボの関連について考察を加えたものはほとんど見られなかった。

本稿ではポリモーダル受容器を中心にして針灸刺激とツボの問題を考察した結果、針灸刺激の共通性、ツボと圧痛点の関連性、診断点即治療点とする治療原則などを無理なく説明することが出来たと考える。

ツボを圧痛点と同じと仮定することは、経絡や経穴の観点からすれば問題は多いが、最も primitive と考えられる針灸刺激の質的問題との関連においては極めて妥当なものである。さらに、圧痛点以外のさまざまなツボに関連した現象、反応点、硬結等もポリモーダル受容器を中心にして解析出来る可能性も高いと考えている。

しかし、圧痛点が特定の部位に出現する機序、経絡現象との関連などについては今後更に検討が必要と思われる。

### 謝 辞

稿を終えるにあたり、文献の整理、附図の作成に多大な協力をいただいた、中園義孝氏、岡田薫氏、西田真子氏に深謝する。

### 引用文献

- 1) Chang H T : Integrative action of thalamus in the process of acupuncture analgesia. *Sci. Sinica* 16 : 25~60, 1973.
- 2) Han J S & Terenius L : Neurochemical basis of acupuncture analgesia. *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 22 : 193~220, 1982.
- 3) He L F : Involvement of endogenous opioid peptides in acupuncture analgesia. *Pain* 31 : 99~121, 1987.
- 4) Pomeranz B : Scientific basis of acupuncture. In G Stuz & B Pomeranz (Eds) *Acupuncture Textbook and Atlas* Springer-Verlag, Berlin, pp.1~34, 1987
- 5) 武重千冬 : 鍼麻酔の鎮痛発現機序, *日本生理誌* 49, 83~105, 1987.
- 6) 熊澤孝朗 : ハリ麻酔の作用機序について, *臨床生理* 8 : 413~419, 1978.
- 7) Kawakita K : Role of the polymodal receptor in acupuncture analgesia of the rat. *Comp Med East & West* 6 : 312~321, 1981.
- 8) Kawakita K : Suppression of jaw-opening reflex of rats by intra-arterial administration of bradykinin. *Nagoya Med J* 26 : 179~191, 1982.
- 9) 川喜田健司, 金盛聖三, 中園義孝, 三浦敏弘 : 針灸刺激で誘発される血漿漏出現象, *医学のあゆみ* 153 : 389~390, 1990.
- 10) 川喜田健司 : 針灸刺激の末梢受容機序とツボの関連. *日本生理誌* 51 : 303~315, 1989.
- 11) Willis W D *The Pain System, Pain and Headache* Vol.8, Karger, Basel, 1985
- 12) Kumazawa T & Mizumura K : Thin-fiber receptors responding to mechanical, chemical and thermal stimulation in the skeletal muscle of the dog. *J Physiol (Lond.)* 273 : 179~194, 1977.
- 13) Kumazawa T & Mizumura K : The polymodal receptors in the testis of the dog. *Brain Res* 136 : 553~558, 1977.
- 14) Kruger L, Kumazawa T, Mizumura K, Sato J & Yeh Y : Observations on electrophysiologically characterized receptive fields of thin testicular afferent axons: a preliminary note on the analysis of

- fine structural specializations of polymodal receptors. *Somatosensory Res* 5 : 373~380, 1988.
- 15) Kumazawa T & Perl E R : Primate cutaneous sensory units with unmyelinated (C) afferent fibers. *J Neurophysiol* 40 : 1325~1338, 1977.
- 16) 熊澤孝朗 : 痛みとポリモーダル受容器, *日本生理誌* 51 : 1~15, 1989.
- 17) Kenins P : Identification of the unmyelinated sensory nerves which evoke plasma extravasation in response to antidromic stimulation. *Neurosci Lett* 25 : 137~141, 1981.
- 18) Kumazawa T : Nociceptors and autonomic nervous control, *Asian Med J* 24 : 632~656, 1981.
- 19) Kumazawa T, Tadaki E & Kim K : Naloxone effects on the blood pressure responses induced by thin-fiber muscular afferents. *Brain Res* 205 : 452~456, 1981.
- 20) Mizumura K & Kumazawa T : Reflex respiratory response induced by chemical stimulation of muscle afferents. *Brain Res* 109 : 402~406, 1976.
- 21) Sato A & Schmidt R F : Changes in blood pressure and heart rate induced by movements of normal and inflamed knee joints. *Neurosci Lett* 52 : 55~60, 1984.
- 22) Sato A, Sato Y & Schmidt R F : Catecholamine secretion and adrenal nerve activity in response to movements of normal and inflamed knee joints in cats. *J Physiol (Lond)* 375 : 611~624, 1986.
- 23) Chan S H H : What is being stimulated in acupuncture: evaluation of existence of a specific substrate. *Neurosci Biobehav Rev* 8 : 25~33, 1984.
- 24) Dornette W H L : The anatomy of acupuncture. *Bull NY Acad Med* 51 : 895~902, 1975.
- 25) Plummer J D : Anatomical findings at acupuncture loci. *Am J Chin Med* 8 : 170~180, 1980.
- 26) 渡 仲三, 黒野保三, 石神龍代, 平松由江, 堀 茂, 中村弘則, 馬淵良生, 堀田康明, 石博克範 : 経穴の實在の有無証明のための実験的, 形態学的研究, *全日本鍼灸学会誌* 31 : 310~314, 1982.
- 27) Melzack R, Stillwell D M & Fox E J : Trigger points and acupuncture points for pain: correlations and implications. *Pain* 3 : 3~23, 1977.
- 28) 石川太刀雄 : 内臓体壁反射, 医学書院 1962.
- 29) 川喜田健司 : 皮膚の低電気抵抗点に関する文献的, 実験的考察. *全日本鍼灸学会誌* 31 : 406~412, 1982.
- 30) 中谷義雄 : 経穴経絡の本態について. *日本東洋医学会誌* 3 : 39~49, 1953.
- 31) 川喜田健司 : 硬結について一質問表の回答に関する中間報告一, *全日本鍼灸学会誌* 36 : 36~41, 1986.
- 32) 出端昭男, 小川卓良 : アンケートの集計結果. *医道の日本* 423 : 9~45, 1979.
- 33) 上海中医学院編. 針灸学, 人民衛生出版社 1974.
- 34) Travell J G & Simons D G : Myofascial pain and dysfunction. The trigger point manual, Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1983.
- 35) Smythe H : Tender points evolution of concepts of the fibrositis/fibromyalgia syndrome. *Am. J. Med.* 81(suppl 3 A) : 2~6, 1986.
- 36) Yunus M, Masai A T, Calabro J J, Miller K A & Feigenbaum S L : Primary fibromyalgia (fibrositis): clinical study of 50 patients with matched normal controls. *Seminors in Arthritis and Rheumatism* 11 : 151~171, 1981.

- 37) Zimmermann M : Physiological mechanisms of pain in the musculoskeletal system. In E. Emre & H. Mathies (Eds) *Muscle Spasms and Pain* Parthenon. Publishing Group Limited, Lancs pp.1~17, 1988.
- 38) Paintal A S : Functional analysis of group III afferent fibres of mammalian muscles. *J Physiol (Lond)*. **152** : 250~270, 1960.
- 39) Wei R, Zhang S & Feng J : Activation of unmyelinated muscle afferents by acupuncture or pressure exerted on muscle. *Acta Zool Sinica* **24** : 21~28, 1978.
- 40) Kaufman M P, Longhurst J C, Rybicki K J, Wallach J H & Mitchell J H : Effects of static muscular contraction on impulse activity of group III and IV afferents in cats. *J Appl Physiol: Respirat. Environ. Exercise Physiol* **55** : 101~112, 1983.
- 41) Mense S & Stahnke M : Responses in muscle afferent fibres of slow conduction velocity to contractions and ischemia in the cat. *J Physiol (Lond)* **342** : 383~397, 1983.
- 42) 尾崎昭弘 : 鍼灸臨床手技の実際, 医歯薬出版株式会社 1987.
- 43) Hebei Coll New Med : An analysis of receptors and afferent fibers of acupuncture points of neikuan hoku and tsusanli in human subjects. *Acta Zool Sinica* **24** : 58~64, 1978.
- 44) Lu G W, Liang R. Z, Xie J Q, Wang Y S & He G R : Role of peripheral afferent nerve in acupuncture analgesia elicited by needling point Zusanli. *Sci Sinica* **22** : 680~692, 1979.
- 45) 相川貞男 : 針麻酔と痛みの生理. *慶応医学* **50** : 463~478, 1973.
- 46) Peking Acupuncture Anesthesia Co-ordinating Group : Preliminary study on the mechanism of acupuncture anesthesia. *Sci Sinica* **16** : 447~456, 1973.
- 47) 上海中医研究所形態組, 生理組 & 上海中医学院基礎部 : 穴位針感部位的組織結構觀察, 中国針刺麻酔研究資料選編, 芸林出版 香港 pp.293~295, 1973.
- 48) 後藤和廣, 桜井運雄, 鹿兒島裕, 岩倉博光 : ヒト筋肉細径求心性線維(A $\delta$ )の活動の記録, *日本疼痛学会誌* **3** : 36, 1988.
- 49) 重慶医学院生理教研組 : 針感与神經系統関系の初步分析, 中国針刺麻酔研究資料選編, 芸林出版, 香港 pp.324~329, 1978.
- 50) 西安医学院針麻基礎理論研究組, 合谷区穴位針感感受器及伝入線維類別, 中国針刺麻酔, 研究資料選編, 芸林出版社, 香港 pp.316~323 1978.
- 51) 上海生理研究所針麻研究組 : “得氣”時針刺部位的筋電活動, *中華医学雜誌* **53** : 532~535, 1973.
- 52) Kawakita K & Funakoshi M : Role of the subsequently activated receptors in electro-acupuncture of the rat. *Am J Chin Med* **9** : 164~170, 1981.
- 53) Kline R L, Yeung K Y & Calaresu F R : Role of somatic nerve in the cardiovascular responses to stimulation of an acupuncture point in anesthetized rabbits. *Exp Neurol* **61** : 561~570, 1978.
- 54) Andersson S A : Pain control by sensory stimulation, pp.569-585 in J J Bonica, J C Liebeskind & D G Albe-Fessard Eds. *Advances in Pain Research and Therapy Vol 3*, Raven Press, New York, 1979.
- 55) Holmgren E : Increase of pain threshold as a function of conditioning electrical stimulation. *Am J Chin Med* **3** : 133~142, 1975.
- 56) Chung J M, Lee K H, Hori Y, Endo K & Willis W D : Factors influencing peripheral nerve stimulation produced inhibition of

- primate spinothalamic tract cells. *Pain* 19: 277~293, 1984.
- 57) Chiang C, Liu J T, Pai Y & Chang S: Studies on spinal ascending pathway for effect of acupuncture analgesia in rabbits. *Sci Sinica* 18: 651~658, 1975.
- 58) Melzack R: Prolonged relief of pain by brief intense transcutaneous somatic stimulation. *Pain* 1: 357~373, 1975.
- 59) Le Bars D, Dickenson A H & Besson J M: Diffuse Noxious Inhibitory Controls (DNIC). I. Effects on dorsal horn convergent neurons in the rat. *Pain* 6: 283~304, 1979.
- 60) Terman G W, Shavit Y, Lewis J M, Cannon J T & Liebeskind J C: Intrinsic mechanisms of pain inhibition: Activation by stress. *Science* 226: 1270~1277, 1984.
- 61) Watkins L R & Mayer D J: Organization of endogenous opiate and nonopiate pain control systems. *Science* 216: 1185~1192, 1982.
- 62) Basbaum A I & Fields H L: Endogenous pain control mechanisms: review and hypothesis. *Ann. Neurol* 4: 451~462, 1978.
- 63) Toda K: Effects of electro-acupuncture on rat jaw-opening reflex elicited by tooth pulp stimulation. *Jpn J Physiol* 28: 485~498, 1978.
- 64) Kawakita K & Funakoshi M: Suppression of the jaw-opening reflex by conditioning A-delta fiber stimulation and electro-acupuncture in the rat. *Exp Neurol* 78: 461~465, 1982.
- 65) Kay N, Allen J & Morley J E: Endorphines stimulate normal human peripheral blood lymphocyte natural killer activity. *Life Sci* 35: 53~59, 1984.
- 66) Chiu D T J & Cheng K K: A study of the mechanism of the hypotensive effect of acupuncture in the rat. *Am J Chin Med* 2: 413~419, 1974.
- 67) Hoffmann P & Thoren P: Long-lasting cardiovascular depression induced by acupuncture-like stimulation of the sciatic nerve in unanaesthetized rats. Effects of arousal and type of hypertension. *Acta Physiol Scand* 127: 119~126, 1986.
- 68) Yao T Andersson S & Thoren P: Long-lasting cardiovascular depression induced by acupuncture like stimulation of the sciatic nerve in unanesthetized spontaneously hypertensive rats. *Brain Res* 240: 77~85, 1982.
- 69) Cheng R, Pomeranz B et al: Electroacupuncture elevates blood cortisol levels in naive horses: sham treatment has no effect. *Int J Neurosci* 10: 95~97, 1980.
- 70) Jansen G, Lundberg T, Kjartansson J & Samuelson U E: Acupuncture and sensory neuropeptides increase cutaneous blood flow in rats. *Neurosci Lett* 97: 305~309, 1989.